Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/methodenundresul00tetm

137

Mitteilungen
der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien
am eidgen. Polytechnikum in Zürich.

6. Heft.

Methoden und Resultate

der Prüfung der

Hydraulischen Bindemittel.

Zusammengestellt von

L. Tetmajer

dipl. Ingenieur, Professor am schweiz. Polytechnikum, Vorsteher der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien, etc.

Selbst-Verlag der eidgen. Festigkeits-Anstalt.

ZÜRICH
Druck von F. Lohbauer, Rämistrasse 12.
1893.

CONS
TP
968
T48
1893

LIBRARY of
THE
FRANKLIN
INSTITUTE

THE GETTY CENTER
LIBRARY

Vorwort.

Die Anfänge der Drucklegung des vorliegenden Heftes reichen in die Mitte der Achtziger Jahre zurück, um welche Zeit eine Reihe grösserer, in die Kategorie der hydraulischen Bindemittel einschlägiger Arbeiten abgeschlossen wurde, und das Prüfungsverfahren derselben durch die Beschlüsse der Münchener Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungmethoden eine teilweise Umgestaltung erfuhr. Die Einführung der maschinellen Förmerei der Probekörper, der maschinellen Arbeit bei Erhebung einzelner Wertfaktoren, die Inbetriebsetzung von Präzisionsmaschinen zur Feststellung der Festigkeitsverhältnisse der Bindemittel u. d. m. bedeutet in der That den Abschluss einer ersten Periode in der Entwicklung des Prüfungsverfahrens hydraul. Bindemittel im eidg. Festigkeitsinstitute und es lag nichts näher als die bis anhin gesammelten Erfahrungen zusammen zu stellen und der Öffentlichkeit zu übergeben. Dass indessen die schon 1884 begonnene Drucklegung des vorliegenden Heftes unterbrochen worden ist, war — ganz abgesehen von rein persönlichen Motiven — durch den Umstand veranlasst, dass um diese Zeit die Flusseisenfrage in den Vordergrund trat, welche uns für die Dauer mehrerer Jahre vollständig in Anspruch nahm. Nach Abwicklung der Untersuchungen der Wertverhältnisse des Flusseisens (1884—1888) folgte die Untersuchung der Festigkeitseigenschaften des Aluminiums und seiner Legierungen (1888—1891), sodann die Arbeiten um den Neubau und die Einrichtung unserer Anstalt, vergl. das 5. Heft der offiz. Mitteilungen. Es ist uns also erst nach einer 9-jährigen Unterbrechung möglich geworden, an die Abwicklung der vorliegenden Arbeit zu schreiten.

19768

Ursprünglich war es unsere Absicht, die Ergebnisse der ältern Arbeiten von denjenigen neuern Datums getrennt zu behandeln. Ein Versuch hat indessen gezeigt dass ohne Wiederholungen, Störungen der Einheit und der Übersichtlichkeit der Stoffanordnung die geplante Trennung nicht durchführbar sei, und so blieb nichts übrig, als ohne Rücksicht auf die Zeit der Entstehung der einzelnen Arbeiten, zunächst die Methodik der Untersuchung der chemisch-physikalischen Eigenschaften der hydraulischen Bindemittel und deren Rohmaterialien zusammenhängend zu behandeln und anschliessend an diese, die Ergebnisse einzelner für sich abgeschlossener Arbeiten anzureihen.

Es ist hier wohl nicht am Platze, nach den Ergebnissen Umschau zu halten, die unsere dreizehnjährige Thätigkeit auf dem Gebiete der Untersuchung der Eigenschaften der hydraul. Bindemittel etwa aufzuweisen hat. Sollte indessen bemerkt werden, dass man auch im eidg. Festigkeitsinstitute bemüht gewesen sei, Steine zum Dome der Erkenntnis der Natur der hydraul. Bindemittel zu brechen, und diese zum Vorteile einer im Aufschwunge begriffenen vaterländischen Industrie und des Baugewerbes zu bearbeiten und zusammenzufügen, so darf nicht übersehen werden, dass das Erreichte Frucht ist des Zusammenwirkens der Behörden, der Interessenten und des Polytechnikums. Insbesonders waren es die Herren Prof. Dr. A. Heim und Dr. G. Lunge, welche in selbstlosester Weise, stets bereitwillig Zeit und Mühe opferten, wenn es galt, die Interessen unserer Anstalt zu fördern.

ZÜRICH, im November 1893.

Prof. **L. Tetmajer.**

I. Die Rohmaterialien der Industrie hydraul. Bindemittel.

1. Einteilung und Benennung.

Als Rohstoffe der Industrie hydraulischer Bindemittel fallen der Hauptsache nach folgende Materialien in Betracht:

a. **Der Kalkstein,** u. z. das reine Calciumcarbonat ($CaCO_3$), sowie dessen Abkömmlinge d. i. die unterschiedlichen Sorten verunreinigter Calciumcarbonate. Als Verunreinigung treten auf:

der *Quarzsand,* das Kieselsäure-Anhydrit,
die *hydraul. Faktoren,* Verbindungen und Gemengen von verbindungsfähiger Kieselsäure und Thonerde,
die *Flussmittel,* als MgO, Fe_2O_3, Alkalien;
das *Magnesia-Carbonat* ($MgCO_3$);
das *Kalksulfat* ($CaSO_4$);
der *Pyrit* (FeS_2);
das *Bitumen,* als Inbegriff der organischen Substanzen.

Eine Übersicht über die Benennung der Derivaten des Kalksteins giebt die graph. Darstellung auf Seite 6.

b. **Der Thon,** in dessen unterschiedlichen Gattungen.

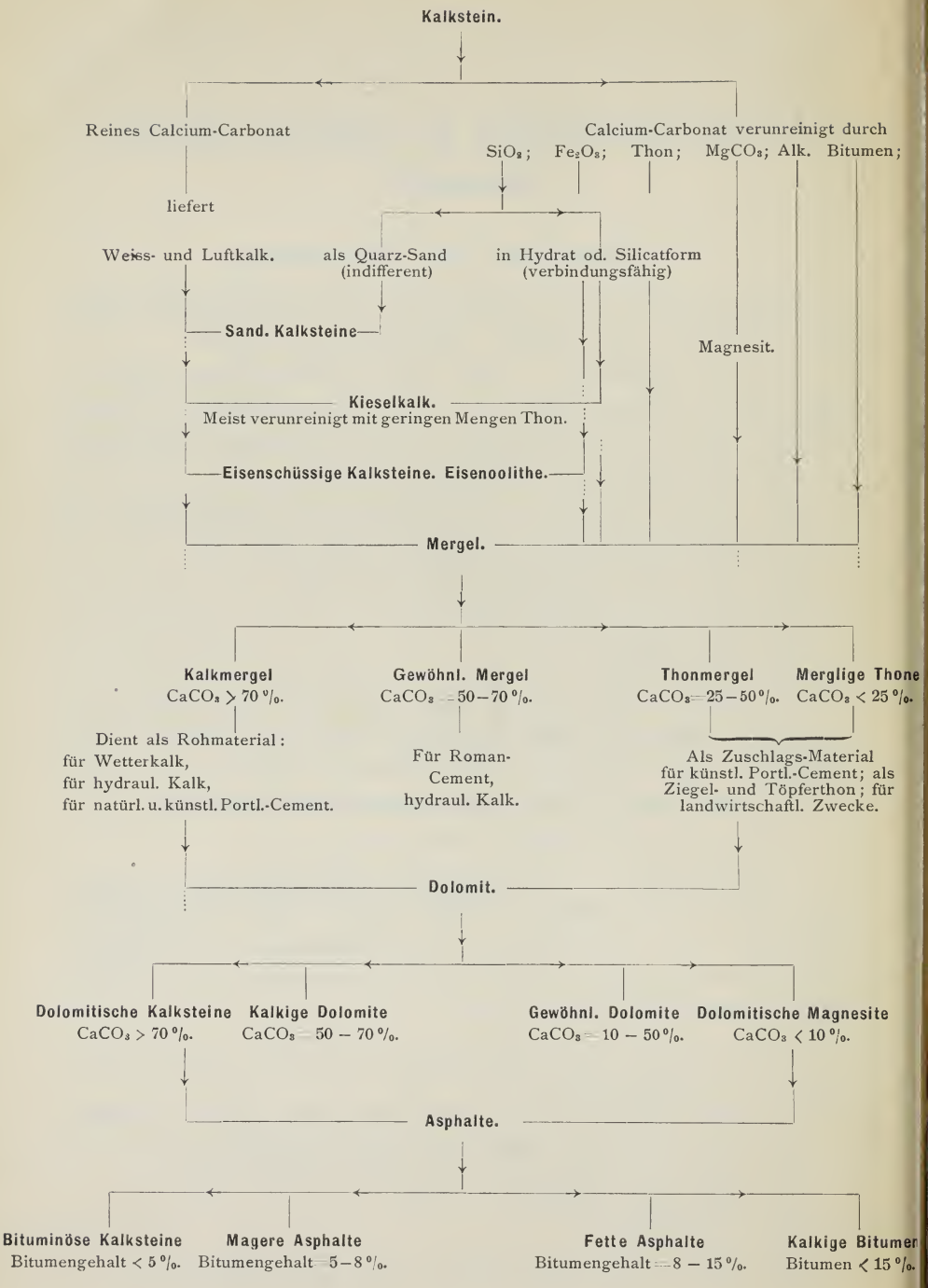
Der Thon ist definiert als Gemenge aus:

Thonsubstanz + Trümmer des Muttergesteins + zugeschwemmte oder infiltrierte Stoffe, wobei unter Thonsubstanz verstanden ist, der Rückstand der Zusetzung von feldspathführenden Silicatgesteinen: das wässerige Thonerde-Silicat: $2\,SiO_2$, $Al_2O_3 + 2\,H_2O$, der *reine Kaolin.*

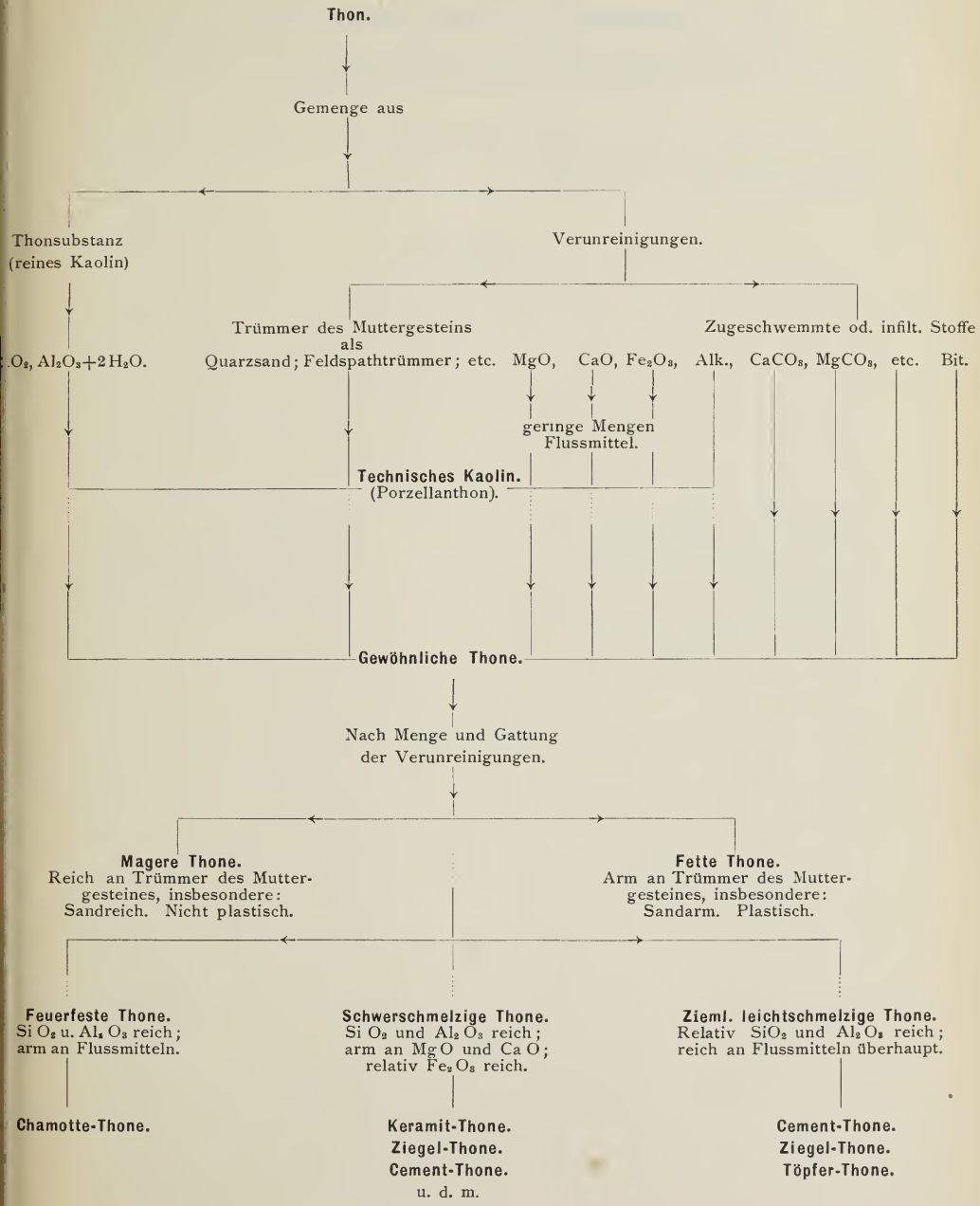
Als Trümmer des Muttergesteins treten auf: Quarz-Sand; Glimmer; Feldspathtrümmer u. d. m.

Zu den infiltrierten oder zugeschwemmten Stoffen zählen:

die *Flussmittel* als: MgO, CaO, Fe_2O_3, Alkalien;
die *Kalk- und Magnesia-Carbonate* ($CaCO_3$ u. $MgCO_3$);
das *Kalksulfat* ($CaSO_4$);
der *Pyrit* (FeS_2);
das *Bitumen,* als Inbegriff der organischen Substanzen.


Kalkstein.
Reines Calcium-Carbonat
liefert
Calcium-Carbonat verunreinigt durch
SiO_2; Fe_2O_3; Thon; $MgCO_3$; Alk. Bitumen;
Weiss- und Luftkalk.
als Quarz-Sand (indifferent)
in Hydrat od. Silicatform (verbindungsfähig)
Sand. Kalksteine
Magnesit.
Kieselkalk.
Meist verunreinigt mit geringen Mengen Thon.
Eisenschüssige Kalksteine. Eisenoolithe.
Mergel.
Kalkmergel
$CaCO_3 > 70\,\%$.
Gewöhnl. Mergel
$CaCO_3 = 50-70\,\%$.
Thonmergel
$CaCO_3 = 25-50\,\%$.
Merglige Thone
$CaCO_3 < 25\,\%$.
Dient als Rohmaterial:
für Wetterkalk,
für hydraul. Kalk,
für natürl. u. künstl. Portl.-Cement.
Für Roman-Cement, hydraul. Kalk.
Als Zuschlags-Material für künstl. Portl.-Cement; als Ziegel- und Töpferthon; für landwirtschaftl. Zwecke.
Dolomit.
Dolomitische Kalksteine
$CaCO_3 > 70\,\%$.
Kalkige Dolomite
$CaCO_3 = 50-70\,\%$.
Gewöhnl. Dolomite
$CaCO_3 = 10-50\,\%$.
Dolomitische Magnesite
$CaCO_3 < 10\,\%$.
Asphalte.
Bituminöse Kalksteine
Bitumengehalt $< 5\,\%$.
Magere Asphalte
Bitumengehalt $= 5-8\,\%$.
Fette Asphalte
Bitumengehalt $= 8-15\,\%$.
Kalkige Bitumen
Bitumen $< 15\,\%$.

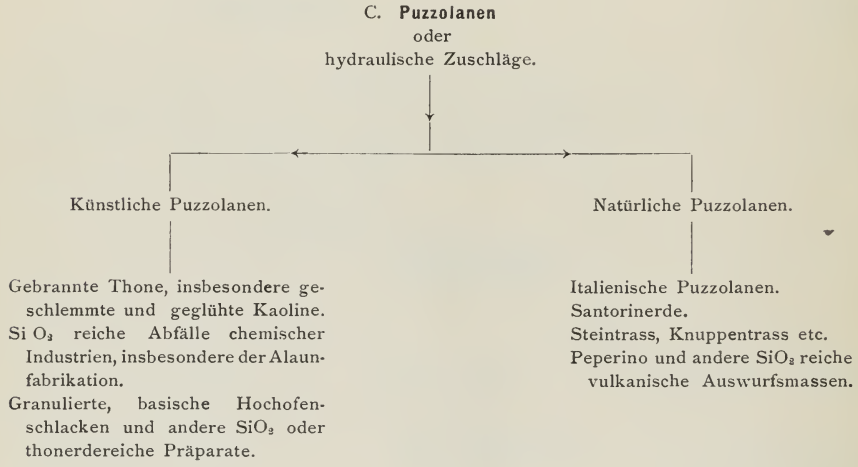
Folgende graphische Darstellung giebt eine Übersicht über die Einteilung
er Thone und Bezeichnung der Thonabarten.



In die Kategorie der Rohmaterialien hydraul. Bindemittel gehören endlich:

c. **Die hydraulischen Zuschläge oder Puzzolanen,** also jene natürlichen Stoffe oder künstlichen Präparate, die die Eigenschaft besitzen, mit Aetzkalk hydraulisch zu erhärten.

Folgende graph. Darstellung giebt eine Übersicht über die unterschiedlichen Puzzolanen:



2. Über die Thongesteine, ihre Entstehung und ihr Vorkommen.

Von Dr. **Alb. Heim,**

Professor der allgemeinen und technischen Geologie am eidg. Polytechnikum.

Die Erkenntnis von der Entstehung eines Dinges gibt uns stets erfahrungsgemäss die meisten und fruchtbarsten Gesichtspunkte über sein ganzes Wesen. Die Art der Entstehung der Thongesteine im weitesten Sinne des Wortes (Thone, Mergel, Kalkmergel etc.) bedingt ihr Vorkommen in der Natur und gibt deshalb auch die Anhaltspunkte zum Verständnis der schon bekannten Vorkommnisse und zum Auffinden neuer Lagerstätten.

Die Erdrinde wird gebildet aus einem Grundstock von meistens schiefrigen krystallinischen Silikatgesteinen, den *kristallinischen Schiefern.* Diese sind durchbrochen von den *Eruptivgesteinen,* die fast ganz nur aus Silikaten bestehen und endlich sind sie überlagert von den *Sedimentgesteinen.* Die letzteren sind von aussen Schicht um Schicht abgelagert. Die unteren Schichten sind die ältesten, die oberen die jüngeren. Die Bildung der Sedimentgesteine beruht stets auf einer Zerstörung und Auflösung älterer Gesteine und dem Wiederabsatz ihrer Materialien. Die Thon- und thonreichen Gesteine, um die es sich hier handelt, gehören zu den Sedimentgesteinen, sie sind dem mächtigen Komplexe derselben eingelagert. Die Verwitterung älterer Gesteine wie der Neuabsatz von deren Substanzen in umgelagerter neuer Form an neuem Orte kann mehr chemischer oder mehr mechanischer Natur sein, oder chemische und mechanische Prozesse arbeiten gleichzeitig neben einander. Nun sind die ursprünglichen Gesteine der Erdrinde vorherrschend wasserfreie Silikate mit krystallinischer Struktur, die Sedimente hingegen Trümmergesteine (Konglomerate, Sandsteine) *Karbonate, Thongesteine* (wasserhaltige Thonerdesilikate) auch Gyps, Salz etc. *Welcher Vorgang hat aus den wasserfreien Silikaten die Karbonate und Thongesteine geschaffen?*

Der Thäter ist die Kohlensäure, die in der Luft (in freier Atmosphäre $\frac{3 \text{ bis } 5}{10000}$, in Schlafstuben bei geschlossenen Fenstern und in der Kneipe bis $\frac{300}{10000}$), und im Boden enthalten ist, und von dem einsickernden Wasser absorbiert und mitgeführt wird in die Gesteine hinab. Auch Kohlensäureaushauchungen aus dem Erdinnern können mithelfen. Was der Kohlensäure an scharfer Energie abgeht, das ersetzt sie durch stetige Erneuerung durch unbegrenztes Quantum und unbegrenzte Dauer der Einwirkung.

Die grosse Mehrzahl der Silikate sind durch den Kohlensäuregehalt, welcher das einsickernde Wasser aus der Luft und dem Humusboden bezogen hat, im Laufe der Zeit allmälig zersetzbar, in der Weise, dass sich *Karbonate* von Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen, Mangen etc. bilden, während *Kieselsäure* in verschiedener Form frei ausgeschieden wird. Wir finden dann alle diese Karbonate, so wie auch manchmal die Kieselsäure im Wasser vieler Quellen, im Wasser der Bäche, Flüsse, Seen und des Meeres in gelöster Form. Diejenigen dieser Stoffe, welche weniger leicht löslich sind, scheiden sich zum Teil schon unterwegs in den Gesteinshohlräumen als Sekretionen ab (Kalkspathkrystalle, Bergkrystalle, Tropfsteine, Spatheisensteingänge etc. etc.) oder, wo das durchgesickerte Wasser wieder an die Oberfläche tritt, bilden sie Quellabsätze (Kalksinter, Kieselsinter, Eisenocker etc.). Im Wasser der Flüsse, Seen und des Meeres leben eine Menge pflanzlicher und tierischer Organismen, welche den Kalk und Kiesel dem Wasser entziehen, um sie zur Bildung ihrer Schalen zu verwenden, die dann allmälig zu Gesteinsmassen sich anhäufen. Die Kaliumsalze werden vom Ackerboden zu einem grossen Teil festgehalten, die Natriumsalze häufen sich am meisten im Meere in Lösung an.

Die Verbindung des Magnesiums mit der Kieselsäure ist oft *nur teilweise* durch Kohlensäure haltiges Sickerwasser zu lösen, *die Verbindung von Aluminium mit Kieselsäure widersteht völlig dem Einflusse der Kohlensäure.* Wasser nur kann sich in die Verbindung einnisten, die Kieselsäure aber bleibt am Aluminium haften. Nun ist aber gerade das Aluminium in den alten Silikatgesteinen massenhaft vertreten. Es findet sich in den Glimmern, den Feldspäthen, Feldspathstellvertretern, Granaten

und noch anderen wesentlichen Bestandteilen dieser Silikatgesteine in grossen Massen vor. *Alle* Aluminium haltigen oder in anderer Ausdrucksweise »*Thonerdehaltigen*« *Silikatgesteine* lassen *einen unzersetzlichen Verwitterungsrückstand, welcher wesentlich aus wasserhaltiger kieselsaurer Thonerde besteht.* Ist dieser Rückstand von anderen Beimengungen frei und rein weiss, so heisst er *Kaolin oder Porzellanerde,* ist er hingegen in verschiedener Weise verunreinigt, so ist es der *Thon* (Töpferthon etc.).

Die Verwitterung der Silikatgesteine durch das Kohlensäure haltige Sickerwasser liefert also folgende Produkte:

1. **Karbonate,**
   a) leicht lösliche die in *Lösung* vollständig weggehen von Kalium, Natrium etc.
   b) solche die zum Teil in *Lösung* weggehen, zum Teil unterwegs durch chemischen Niederschlag *Absätze* bilden oder in den Rückständen schon sich ausscheiden von Calcium, Magnesium, Eisen. (Das Eisenoxydulkarbonat bleibt nicht als solches, sondern oxydirt dann rasch zu Brauneisenstein, Rost).

2. **Kieselsäure** teils in Lösung weggehend, teils sich unterwegs absetzend oder auch im Rückstand bleibend.

3. **Rückstand,**
   a) bei magnesiareichen, thonerdearmen Gesteinen: *Wasserhaltige kieselsaure Talkerde* (Mineralien der Steatit-Serpentin-Familie);
   b) bei thonerdereichen Silikatgesteinen: *Wasserhaltige kieselsaure, Thonerde = Kaolin oder Thon.*

Von den in dieser Art verwitternden »kaolinisierenden« Mineralien hat die Gruppe der Feldspäthe die grösste Bedeutung. Die Feldspäthe enthalten in Verbindung mit Kieselsäure stets Thonerde, daneben Kalium oder Natrium oder Calcium oder Calcium und Natrium. Sie sind die massenhaftesten Mineralien der Erdrinde. Gneiss und Granit, die wohl $^3/_4$ der bekannten Erdrinde bilden, enthalten 60 bis 90 % Feldspath. Viele andere verbreitete Gesteine, fast alle Eruptivgesteine, enthalten Feldspäthe als vorherrschende Bestandmineralien. Die Feldspathstellvertreter (Leucit, Noseau, Nephelin etc.) kaolinisieren auch, das gleiche

gilt von den Glimmern, die bei den krystallinischen Schiefern neben Quarz und Feldspath die verbreitetsten Mineralien sind und auch in den Eruptivgesteinen massenhaft auftreten.

Und nun können alle Gesteine thonig verwittern, welche solche Mineralien als wesentliche Bestandteile enthalten. Dahin gehören: Gneisse, Felsitschiefer, Granite, Felsitporphyre, Syenite, Trachyte und viele andere mehr.

Je nach der Art der Verunreinigung, welche den Kaolin zum Thon stempelt, sind auch die Eigenschaften verschieden. Thone durch organische Beimengungen gefärbt, brennen sich weiss, solche mit Eisenverbindungen brennen sich erst rot, können aber unter Umständen auch scharf bis weiss gebrannt werden; Thone reich an Quarzsand oder Quarzkrystallkörnern müssen oft durch künstliches Schlemmen erst gereinigt werden, bevor sie zu feineren Arbeiten verwendbar sind. Mit dem Gehalt an anderen basischen Substanzen wie Kalk und Magnesia ändert auch der Schmelzpunkt, er fällt gewöhnlich. Zu viel Karbonate machen den Thon beim Brennen rissig etc. etc.

Die Verunreinigungen des Thones können von drei Ursachen herrühren und zwar:

1. Das Gestein, aus welchem durch Verwitterung Thon als Rückstand sich gebildet hat, kann noch andere nicht zu Thon verwitternde Mineralien enthalten haben, die dem Thon nun beigemengt bleiben. Am häufigsten finden wir in Kaolinen und Thonen, die aus Granit, Porphyr oder Gneiss entstanden sind, die Quarzkörner dieser Gesteine und noch unzersetzte Glimmerblättchen eingemengt (ursprüngliche Verunreinigungen).

2. Gleichzeitig mit dem Kaolin oder Thon sich bildende andere Verwitterungsprodukte bleiben an demselben haften. So kommt z. B. der Gehalt zahlreicher Thone an kohlensaurem Kalk, kohlensaurer Magnesia, kohlensaurem und später in Oxydhydrat sich umwandelnden Eisen zu Stande. (Gleichzeitige Verunreinigungen).

3. Bei der durch die Gewässer erzeugten natürlichen Abschwemmung und neuen Ablagerung der Thone an anderer Stelle können denselben auch von anderswo herbeigeschwemmte Materialien beigemengt und mit dem Thone abgesetzt werden (nachträgliche Vermengungen),

Wir haben hiermit zugleich angedeutet, dass die Thongesteine nicht immer da sich finden, wo das Muttergestein gelegen hat, dessen Verwitterungsrückstand sie darstellen. Thone, welche abgeschwemmt, dabei oft natürlich geschlemmt, und dann wieder abgesetzt worden sind, nennt man Thone auf zweiter (»sekundärer«) Lagerstätte im Gegensatz zu den Thonen auf ursprünglicher (primärer) Lagerstätte. Es kann aber auch vorkommen, dass ein Thongestein, durch Abschwemmen und Wiederabsatz gebildet, später nochmals abgespült wird und nachher auf dritter oder gar vierter Lagerstätte sich findet, wie z. B. die Thone am Uetliberg bei Zürich. Gute Kaoline trifft man mit seltenen Ausnahmen nur auf primärer Lagerstätte. Bei Limoges in Frankreich wird der an Ort und Stelle kaolinisierte Granit, in Meissen (Sachsen) der am Ort kaolinisierte Felsitporphyr, der nach der Tiefe in unverwittertes Gestein allmälig übergeht, ausgebeutet. In den Alpen sind Thongesteine auf primärer Lagerstätte sehr selten. Die Böschungen sind zu steil, das chemisch gelockerte wird zu leicht abgespühlt und wir finden nur dünne kaolinisierte Krusten. Zu den seltenen Beispielen von Thongesteinen auf primärer Lagerstätte in den Alpen gehören der kaolinisierte Gneiss in den Schluchten ob Sedrun in Graubündten und der kaolinisierte Gneiss, der unter dem Namen »die druckhafte Stelle im Gotthardtunnel« so viel von sich hat reden machen.

Der natürliche Abschlemmungsprozess der Verwitterungsprodukte führt manchmal zur Ausbildung einer ganzen Reihe von verschiedenen thonhaltigen Gesteinen, die in gesetzmässiger Folge mit der Entfernung, auf welche sie verschlemmt worden sind, ihren Charakter ändern. Die Schlemmung führt dann zu einer Sonderung in der Art, dass die groben mechanisch mitgeschwemmten Trümmer zuerst liegen bleiben, dann allmälig die feineren, während gleichzeitig mit der Entfernung der Prozentsatz des gleichzeitigen chemischen Niederschlages zunimmt, bis derselbe endlich vorherrscht. In grösserer Entfernung vom Abwitterungsgebiet als die Gerölle setzten sich die zu Sand gerollten Quarzkörner der Gneisse, Granite, Glimmerschiefer etc. ab, noch weiter weg kommt allmälig der feine Thonschlamm zum Absatz, während dafür die Sandlager spärlicher werden.

In noch grössere Distanzen wird die Hauptmenge der wirklich löslichen Produkte geführt, aber auch sie gelangen allmälig zur Ausscheidung. Zuerst setzen sich Calcium- und Magnesiumkarbonat gemischt mit Thon ab; wir erhalten kalkhaltige Thone. Noch entfernter vom Abwitterungsgebiet nimmt der Gehalt an diesen Karbonaten zu, der mechanisch gespülte Thonschlamm hingegen ab, es bilden sich kalkige oder dolomitische Mergel. Endlich setzen sich immer thonarmere Kalke ab. Die gelösten Karbonate gelangen weit hinaus ins Meer und bilden da, zum Teil unter Mitwirkung der Meeresorganismen schliesslich marine Kalksteine und Dolomite.

Die Gesteinsreihe: Kaolin oder reiner Thon, Mergelthon, Thonmergel, Mergel, Mergelkalk, endlich thonfreier Kalkstein, die petrographisch wie technisch ihre Bedeutung hat, ist zugleich im grossen Ganzen bedingt durch einen natürlichen Schlemmungsprozess, der erzeugt, dass diese Gesteine vom reinen Thon bis zum reinen Kalkstein mit zunehmender Entfernung vom Abschwemmungsgebiete sich ändern. Selbstverständlich ist aber der Übergang kein glatter, sondern durch Abwechslungen vermittelter. Wie sich zwischen den Sandbänken einzelne Thonlager einstellen, so erscheinen auch in grösserer Entfernung die Thone, Mergel und Kalksteine oftmals an ein und derselben Stelle in Wechsellagerung.

Wir können uns nicht versagen, aus dem Gebiete der Schweiz auf einen grossartigen Fall von Bildung geschlemmter Thongesteine als Beispiel etwas näher hinzuweisen. Am Ende der Kreidezeit tauchten wohl erst die südlichsten Ketten der Alpen aus dem Meere hervor. Zur Eocän (Alt-tertiär)-Zeit begann deren Abspülung und setzte sich lebhaft in der Mitteltertiärzeit fort. Die aus den inneren Alpen kommenden Ströme mündeten in ein ausgedehntes Wasserbecken, welches das jetzige Mittelland der Schweiz erfüllte, und sie lagerten in diesem Becken in Gestalt von Deltabildungen die sogenannte Molasse ab, die jetzt das ganze Land zwischen Alpen und Jura in vielen hunderten von Metern Mächtigkeit ausfüllt. In der Nähe des alten Alpenrandes, der dann später freilich auch zum Gebirge mitgehoben worden ist, finden wir die gröberen mechanischen Ablagerungen, die Geröllbildungen der mitteltertiären Ströme in Gestalt der subalpinen Nagelfluh (Appenzell, Tössstock, Speer,

Rossberg, Rigi, Napfgebiet etc.) zwischen den groben Konglomeraten inneralpiner Gesteine liegen untergeordnet Sandstein und Mergelbänke.

Je weiter wir von den alten Mündungspunkten gegen Nord gehen, um so mehr treten die Konglomerate zurück, ihre Gerölle werden kleiner, sie bilden bei Zürich nur noch vereinzelte spärliche Bänke. Im Gebiete des Zürichsee, Sempachersee, bei Bern herrschen die Sandsteine vor. Zwischen den Sandsteinbänken haben sich aber schon viele Thonlager eingestellt. Dieselben sind auch zum Teil schon mergelig. Im nördlichen Teil des Kantons Zürich besteht der grösste Teil der Molasse aus Mergeln, zwischen welche sich Süsswasserkalkbänke häufig einstellen.

In der Molassebildung finden sich alle Glieder der Thonreihe vom fetten Thon durch die Cementmergel und Wetterkalke bis zu den — zwar seltenen, reineren Kalksteinen.

Die gesamte Molassebildung hat an manchen Stellen bedeutend über 1000 m, meistens wenigstens einige hundert m Mächtigkeit. Alles ist geschlemmtes Abwitterungsprodukt der ersten inneren Alpenzonen.

In den Karbonbildungen von Saarbrücken, in den Grauwackenformationen der rheinischen Gebiete und an vielen anderen Stellen treffen wir auf ganz ähnliche enorme Schichtenkomplexe, welche noch viel älteren entsprechenden Vorgängen ihre Entstehung verdanken. Anderseits sind die Anschwemmungen der Poebene oder der Rheinebene, die Deltabildungen der Rhone, des Nils oder Missisippis ganz ähnliche Bildungen aus den jüngsten Abschnitten der Erdgeschichte. Und wie sich heute in den Deltalagunen Torflager einstellen, so finden wir in unserer Molassebildung hie und da ein Kohlenlager oder doch kohlige bituminöse Mergel und ähnlich auch sind die meisten Steinkohlenschichten gewaltigen Schichtenkomplexen von Konglomeraten, Sandsteinen und Thongesteinen eingelagert. Nur wo der Absatz ruhig und gleichförmig stattfand, konnten gleichzeitig Organismen leben, die dann dem Gestein seinen Bitumengehalt lieferten. So kommt es, dass gerade die bituminösen Mergel sich vielfach durch ihre gute Beschaffenheit, ihre feine Mengung von Thon, Kiesel und Kalk auszeichnen.

Indessen nicht alle Thongesteine sind Ablagerungen in den Binnengewässern oder in der Umgebung der Flussmündungen. Es gibt auch Thongesteine, besonders Mergel und thonige Kalksteine, welche weiter entfernt vom Ufer am Grunde des tiefen Oceanes sich gebildet haben. Meeresströme haben den feinsten Thonschlamm bis dorthin verbreitet. Vulkanische Staubmassen oder vom Winde hergewehter Festlandsstaub, die gelegentlich niederfallen, kommen hinzu. Der Kalk löst sich in den grössten Meerestiefen wieder auf, der dortige spärliche Niederschlag ist relativ thonreich. Das ist gewissermassen der Thonabsatz in grösst möglicher Entfernung vom Abschwemmungsgebiete. Thongesteine unter Lagerungserscheinungen, wie wir sie in der schweizerischen Molasse finden, wollen wir als *Deltathongesteine* unterscheiden von den hier besprochenen *tiefmeerischen* (pelagischen) Thongesteinen. Zu den letzteren gehören von den schweizerischen Vorkommnissen z. B. die Cementmergel von Walenstadt und Mühlehorn, die Oxfordmergel des Jura etc. Wenn auch die Art der Anschwemmung hier eine andere war, so sind dennoch auch diese Thongesteine in letzter Linie Verwitterungsprodukte von thonerdehaltigen krystallinischen Silikatgesteinen.

Die Thongesteine auf sekundärer Lagerstätte zeigen in ihren beiden Hauptformen, den Deltathongesteinen und den marinen Thongesteinen — welche beiden Gruppen übrigens selbstverständlich durch Übergänge mit einander verbunden sind — Unterschiede, welche eben von dieser Ablagerungsart abhängen und von grosser technischer Bedeutung sind. Die *Deltathongesteine* sind unregelmässig geschichtet. Eine gute Cementmergelschicht von 2 m Mächtigkeit kann schon auf 50 oder 100 m Entfernung sich auf Nichts auskeilen, oder in anderer Richtung rasch mächtiger werden. Der Wechsel von Konglomeraten, Sandsteinen, Thonen und Mergeln ist ein sehr vielfacher und unregelmässiger. Nicht selten kommen Kohlengesteine in Schichten eingelagert vor. Die Deltathongesteine enthalten Pflanzen und Thierreste meist spärlich, und wo sie sich finden, sind es Organismen des Landes, des Süsswassers oder Brackwassers. (Käpfnach bei Horgen, Flyschmergel etc.) Die *hoch marinen Thongesteine* hingegen enthalten Meertierversteinerungen, sie sind regelmässiger geschichtet, die einzelnen Schichten sind

weiter ausgebreitet, die Wechsel in der Beschaffenheit innerhalb einer Schicht sind allmäliger, als begleitende Gesteine treffen wir nicht Konglomerate und Sandsteine, auch keine Kohlengesteine, sondern marine Kalksteine und Dolomite, hie und da sogar Gyps und Anhydrit.

Beispiele: Walenstadt, Mühlehorn, Rotzloch, Lias und Oxford etc. Thone und Mergel des Juragebietes.

Schon oben haben wir angedeutet, dass die Sedimentgesteine und somit unter Umständen auch die Thongesteine gelegentlich auch ihrerseits in neue Verwitterungsvorgänge verwickelt werden können. Hierbei kann wiederum der Verwitterungsrückstand ohne Ortsveränderung zurückbleiben, oder er kann abgeschwemmt und an anderer Stelle abgelagert werden. Es sind hier sehr mannigfaltige Vorgänge möglich. Zwei Beispiele mögen von solchen eine Vorstellung geben.

In thonigen Kalksteinen des Jura kommen hie und da Auslaugungsprozesse der Art vor, dass der kohlensaure Kalk sich im Wasser auflöst und weggeführt wird, während Thon und Kieselbeimengung zurückbleiben und dann die Wasserwege die Auslaugungsschlotten (ausgelaugte karrenartige Löcher, erweiterte Spalten, sogenannte Taschen etc.) erfüllen. So entstehen zum Teil vorzügliche Thone, die sogar feuerfeste Steine liefern können, als Auslaugungsrückstände thoniger Kalksteine eingelagert im noch gebliebenen Reste des Kalksteines. Hierher gehören Bolus, Bohnerzthone, Huperterden des Jura. Es sind keine schichtförmig regelmässigen Bildungen. Solches Vorkommen nennt der Bergmann *nesterförmig*.

Am Uetliberg bei Zürich und an noch vielen anderen Stellen wittern die Molassemergel ab. Kalk wird gelöst, Thon und Sand geschlemmt. Am Fusse der Hügel bilden sich Schuttkegel, welche im oberen Teil aus sandigen, mehr thalwärts aus mehr und mehr reinen Thonen bestehen, die sich alle von den Molassemergeln, aus denen sie stammen, durch geringeren Kalkgehalt auszeichnen. Ein solches Vorkommen können wir als Thongestein auf *dritter* Lagerstätte bezeichnen. Ein Thonteilchen solcher Thonlager mag also ursprünglich einem Feldspathteilchen eines Alpengipfels der Mitteltertiärzeit in der Gegend von Südtyrol oder Veltlin angehört haben, welche Gebiete damals ihre

Wasser noch nach Norden sendeten, es setzte sich auf sekundärer Lagerstätte im schweizerischen Molassesee ab. Dann hob sich das alte Schwemmland, Flüsse und Bäche durchfurchten es wieder, höhlten das Zürichseethal darin aus, modellierten den Albiskamm. Die Wasser der historischen Zeit ergreifen am Abhang des Uetliberges abermals unser Thonteilchen, spühlen es über Wiesen und durch Wälder am Bergfusse und lagern es dort, gereinigt von umgebendem Sand und Kalk, neuerdings ab, bis es endlich durch menschliche Thätigkeit in die Ziegeleien gebracht wird und hernach einem Ziegel auf einem Dache in der Stadt Zürich angehört. In den Thonlagern am Uetlibergfusse findet man alte eingehüllte aufrechte Baumstämme auf verschiedenen Niveaux, dazwischen hie und da Reste der älteren und jüngeren Pfahlbauzeit. Noch heute geht teilweise die Bildung dieser Thonlager fort.

Die Thongesteine ändern sich aber auch noch mit ihrem Alter und den Umständen von Druck und Temperatur, denen sie ausgesetzt sind. Unmittelbar nach dem Absatz in feuchtem Zustande sind sie plastisch, oder wenigstens weich, dann erhärten sie langsam. Unter der Last jüngerer aufgelagerter Gebilde, besonders aber durch Quetschung bei der Gebirgsbildung, stellt sich allmälig eine schiefrige Struktur ein. Mikroskopische Untersuchung ergiebt, dass langsam kleinste Krystallnädelchen sich ausscheiden und verfilzen, chemische und krystallinische Umlagerungen der Moleküle verwischen die ursprüngliche schlammige Trümmerstruktur, verfestigen das Gestein und wandeln es allmälig in einen halbkrystallinischen Schiefer um. So werden aus den Thonen und Mergeln die Schieferthone und Thonschiefer, Mergelschiefer etc. und zuletzt sogar Thonglimmerschiefer, Chiastolitschiefer, Sericitschiefer und verwandte Gesteine. Die Mergel im Rotzloch z. B., die der Kreide angehören oder die dem Jura angehörenden Cementmergel vom Mühlehorn sind schon viel fester, als die Mergel der Molasse. Die Thone und Mergel der gequetschten Eocänzone der Alpen (z. B. Engi und Elm im Kt. Glarus) und die alten karbonischen und devonischen Thonschiefer sind durchweg klingendharter fester Schiefer geworden. So ist es denn auch vorherrschend durch die »mechanische Metamorphose« bei der Gebirgsbildung zu Stande gekommen, dass wir in den inneren Zügen der Alpen zur Cementfabrikation

oder Keramik verwendbare noch nicht umkrystallisierte Gesteine wenig finden. Die inneralpinen bezüglichen Vorkommnisse gehören fast alle den ganz jungen (diluvialen oder recenten) Ablagerungen an. Die meisten alpinen Fundorte liegen in den äusseren Randketten (Vierwaldstättersee, Walensee etc.).

So mannigfaltig und so grossartig diese Vorgänge alle sein mögen, so oft sie sich wiederholen und komplizieren können, das Wesentliche bleibt immer: Bildung von wasserhaltiger kieselsaurer Thonerde neben Karbonaten aus den ursprünglichen Silikaten der ältesten Erdrinde, Abspülung dieser Verwitterungsrückstände und Verwitterungsprodukte, und Wiederabsatz unter wechselnden Bedingungen an anderer Stelle. Dieser Vorgang hat zu jeder Zeit in der Erdgeschichte an verschiedenen Orten stattgefunden. Er gehört nicht nur einzelnen Orten oder Zeiten an. So finden wir denn auch die Serie der Thongesteine nicht etwa wie z. B. die Steinkohlen vorherrschend nur in Bildungen eines bestimmten Alters oder einer bestimmten Gegend, und die Thongesteine verschiedener Gegenden können auch im Alter ihrer Bildung ganz ungleich sein. Wenn wir z. B. einen guten Thon an irgend einer Stelle im Oxford des Jura finden, so ist damit selbst bei den tiefmeerischen Thongesteinen noch nicht gesagt, dass das Oxfordien in 10 Kilometer Entfernung ebenfalls noch solchen Thon enthalte. Die marinen Thongesteine sind im Allgemeinen regelmässiger gelagert, von weiterer Ausbreitung, die Deltathongesteine zeigen starken Wechsel auf kürzerer Distanz. Die Thongesteine wie alle vorwiegend klastischen (durch mechanische Anschwemmung gebildeten) Gesteine haben keine konstante Beschaffenheit über grössere Flächen, sie varieren stark. Hier wurde Thonschlamm und 100 m davon entfernt vielleicht gleichzeitig Sand oder Mergel abgelagert.

In den Gegenden aus kryst. Silikatgesteinen finden wir oft die Thone auf primärer Lagerstätte oder junge angeschwemmte Thone, in Gebieten sedimentärer Bildung fehlen fast niemals die geschlemmten Thongesteine als Glieder der sedimentären Schichtreihe.

Dass in der Schweiz Thone und Kaoline auf primärer Lagerstätte sehr selten sind, weil die kaolinisierenden Urgesteine nur in Regionen intensiver Abspühlung entblösst sind, haben

wir schon früher betont. Die schweizerischen Ausbeutungsstellen der Thongesteine gehören fast alle den sekundären Lagerstätten, zum Theil den dritten Lagerstätten und Sedimentgebilden sehr verschiedenen Alters an, wie schon folgende Beispiele zeigen, die wir von den ältesten nach den jüngeren Gebilden ordnen wollen:

Als tiefstes Glied ragen die krystallinischen Silikatgesteine, steil aufgerichtet und durch Abwitterung entblösst, in grosser Ausdehnung in den Centralalpen empor. Das unzersetzte Gestein liegt meistens frisch entblöst, reingewaschen von den Verwitterungsrinden da. Das Silur- und Devon-System darüber fehlen oder es sind die Gesteine dieses Alters schon bis zur Unkenntlichkeit krystallinisch umgewandelt. Darüber folgen:

A. *Karbonisches Schichtensystem.* Dahin gehören von Thongesteinen die schwarzen Dachschiefer des Unterwallis, die Thonschiefer, welche im Wallis den Anthracit begleiten, die gleichen Gesteine in den Waadtländer Alpen, am Bristenstock, Tödi, Vorderrheinthal und im Kärpfgebiet (Glarus). Rohmaterialien zur Cementfabrikation oder Keramik finden sich nicht.

B. *Triasisches Schichtensystem.* Rote Thonschiefer sogen. Quartenschiefer am Südabhang des Walensee, Mergel und Thone der Anhydritgruppe und des Wellenmergels des Muschelkalkes vom Kt. Schaffhausen bis Basel und bunte Mergel und Thone im Keuper der Nordschweiz; letztere vom Charakter der Deltathongesteine, an manchen Orten zur Ziegelei verwendet.

C. *Jurassisches Schichtensystem.*

1. Unterjura oder Lias: Ausgedehnte tiefmeerische Thone, Thonschiefer und Mergelbildungen im ganzen Juragebiete, sowie in den Alpen (Bündtnerschiefer, graue Schiefer des Wallis etc.). In der Jurazone werden diese Gesteine als Düngmergel, ferner zur Ziegelei und stellenweise zur Cementfabrikation verwendet.

2. Mitteljura (Dogger und Unter-Malm) unten Thonschiefer der sogen. Opalinusschichten, höher oben Thone und Cementsteine im Oxfordien, Aargovien (Effingerschichten etc.), der Juragegenden, (Liesberg, St. Sulpice, Noiraîgue, Aarau, Wildegg etc.).

3. Oberjura (Oberer Malm), Mergel im obersten Jura der Alpen am Walensee, im Linth- und Reussgebiet (Mühlehorn, Walenstadt).

D. *Kreidesystem.* Kalkmergel im Neocom des Vierwaldstätterseegebietes noch wenig angegriffen, Cementsteine im Schrattenkalk am Vierwaldstättersee (Rotzloch) und in der obersten Kreide (Seewerschiefer bei Beckenriet; bei Ingenbohl-Schönenbuch etc.).

E. *Tertiärsystem.*

1. Untertertiär (Eocaen): Cementsteine von Beckenriet zum Teil eocänen Alters, Thonschiefer der Glarner und St. Galler-oberländer-Alpen, Flyschmergel der Schwyzer- und Saaner-Alpen, noch fast gar nicht verwendet.

2. Miteltertiär (Miocaen): Thone, Mergel und Wetterkalke der schweizerischen Molasse (Käpfnach, Müllheim etc.) Obertertiär (Pliocaen) fehlt in der Nordschweiz.

F. *Diluviales Schichtensystem.* Zahllose fette Thone und mergelige Thone im ganzen Gebiete der Schweiz, häufig aus alten Grundmoränen stammend, an zahlreichen Stellen zur Ziegelei und Keramik verwendet. Ganz besonders sei bei dieser Gelegenheit auf die ungeheuren noch gar nicht verwendeten herrlichen Thonlager der Umgebung von Einsiedeln (gegen Teufelsbrücke und gegen Rothenthurm) und auf die Grundmoränenthone bei Rapperswyl hingewiesen.

G. *Moderne Bildungen.* Zahlreiche jüngere Anspülungen am Fusse der Hügelzüge oder im Thalboden angeschwemmt (Uetlibergfuss, Ibach bei Schwyz etc. etc.).

Um die Übersicht der bisher besprochenen Erscheinungen zu erleichtern, lasse ich hier noch eine tabellarische Zusammenstellung derselben folgen.

I. Die chemische Bildung der Thongesteine als Verwitterungsrückstände.

Die ursprünglichen Gesteine (krystallinische Schiefer und Eruptivgesteine) sind vorherrschend Silikate (Verbindungen mit Kieselsäure) von Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen, Aluminium, Mangan etc. Dieselben verwittern durch Kohlensäure haltiges einsickerndes Wasser und liefern dabei folgende Produkte:

A. Karbonate (kohlensaure Salze),

a. leicht lösliche, die vollständig weggeführt werden — von Kalium, Natrium;

b. nur teilweise weggeführte, teilweise unterwegs (in Gesteinshohlräumen, an Quellen, Seegründen etc.) sich absetzende oder im Rückstande verbleibende — von Calcium (Kalk) und Magnesium;

c. solche die sich bei Zutritt von Sauerstoff als Oxydhydrate niederschlagen — von Eisen, Mangan.

B. Kieselsäure, von der Kohlensäure verdrängt, in verschiedener Form sich wieder absetzend (Quarz-Krystalle in Hohlräumen, Kieselabsätze von Quellen, Seen etc.).

C. Unzersetzbare Rückstände.

a. *Der magnesiareichen Silikate:* Mineralien der Serpentinfamilie (wasserhaltige kieselsaure Magnesia).

b. *Der thonreichen Silikate:*

1. Reiner Rückstand: *Kaolin* (Porzellanerde) wasserhaltige kieselsaure Thonerde ($Si_2Al_2O_3H_2$).

2. Unreiner Rückstand: *Thon* (Töpferthon etc.).

Der Thon zeigt nach der Art der Verunreinigung folgende Abänderungen:

1. Verunreinigung herrührend von ursprünglichen nicht verwitternden Gesteinsteilen (mechanisch beigemengter Quarz, Feldspath und Glimmer in Thon aus Graniten, Gneissen etc.

2. Verunreinigung herrührend von anderen gleichzeitig gebildeten Verwitterungsprodukten (kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, Eisenoxydhydrat etc.).

3. Verunreinigung herrührend von nachträglicher mechanischer Beimengung fremder Gesteinsteile (Sand, Torf, Bitumen etc. in Thonen auf sekundärer Lagerstätte).

Die bedeutendsten *Mineralien,* welche kaolinisieren (zu Kaolin oder Thon verwittern) sind die Feldspäthe, Glimmer, Granate, Feldspathstellvertreter etc.

Gesteine, welche kaolinisiren sind: Granit, Gneiss, Syenit, Felsitporphyre, Trachyte ete.

II. Auftreten der Thongesteine.

Wir finden die Thongesteine:

1. **Auf primärer Lagerstätte** als Verwitterungsrinde kaolinisierender Silikat-Gesteine in Decken und Stöcken (Beispiele: Kaolin von Meissen in Sachsen).

2. **Auf sekundärer Lagerstätte** (abgeschwemmt und wieder abgesetzt). Die Abwitterungsprodukte eines verwitterten Silikatgebirges ordnen sich durch Schlemmen (durch Flüsse und Meeresströme etc.) nach der Entfernung vom verwitternden Muttergestein in folgende Reihe von Gesteinsabsätzen, die wir auf sekundärer Lagerstätte finden:

1. Gerölle	2. Sand	3. Thone	4. Mergelthon u. Thonmergel	5. Mergel	6. Kalkmergel u. Mergelkalk	7. Kalkstein
Konglomerate	Sandsteine	Thonschiefer	Kalkthonschiefer	Mergelschiefer		
liefert Rohmaterial für:		Töpferei	Cemente	Cemente	Wetterkalk	Fettkalk

a. *Deltathongesteine,* als Delta in Binnenwassern und Meeren von Flüssen angeschwemmt nahe der Küste, unregelmässig geschichtet, zwischen Sandsteinen, Konglomeraten etc., oft Kohleneinlagerungeu (Beispiel: Thongesteine der Molasse, Thonschiefer in den Kohlenbergwerken).

b. *Tiefmeerische Thongesteine* am Meeresgrunde verteilt abgelagert, regelmässiger geschichtet, zwischen marinen Kalksteinen, ohne Kohlen (Beispiele: Walenstadt, Mühlehorn, Rotzloch etc. Lias, Oxford des Juragebietes).

3. **Auf dritter, vierter etc. Lagerstätte,** ausgeschwemmt aus verwitternden Sedimentgesteinen und wieder abgelagert (Beispiel: Ziegel und Töpferthone am Fusse des Uetliberges bei Zürich).

4. **Als Auslaugungsrückstände** thonhaltiger Sedimentgesteine, Vorkommen in Nestern, Taschen und Klüften (Beispiel: Huperterde und Bohnerzthone im Jurakalk).

Schon vor einer Reihe von Jahren hat Herr Prof. Tetmajer begonnen, alles zu sammeln, was über schweizerische Thongesteinsfunde bekannt geworden ist, und wir haben das alles in einer Karte zusammengestellt, welche ein Bild über die Verbreitung der Thongesteine in der Schweiz überhaupt und der bisherigen Ausbeutungsstellen im Besonderen geben sollte. Die Arbeit ist weitläufig und kann nur allmälig gefördert werden.

Bei dieser Gelegenheit erlaube ich mir noch einige Bemerkungen über die Rolle, welche bei einer grossen Enquête über die Cementsteinvorkommnisse der Schweiz der Geologe einerseits übernehmen, andererseits nicht übernehmen kann.

Auf die Frage: »Wo finden sich überhaupt Mergel und Thongesteine in der Schweiz«, kann die bisherige geologische Aufnahme der Schweiz schon antworten. Wir haben die geolog. Karte der ganzen Schweiz in 1:100000 vor uns, dazu gehören ca. 30 Bände Text mit Profilen, und es wäre eine leichte Arbeit, aus diesem Werke einen Auszug zu machen, um eine übersichtliche Karte der Mergel und Thonlagerstätten zu gewinnen. Dabei würde man bald die enorme Verbreitung der Thon- und besonders der Mergelgesteine sehen, von denen freilich die inneralpinen für die bisherigen Fabrikationsmethoden im allgemeinen schon zu weit krystallinisch umgewandelt sind.

Allein ob nun ein bestimmter, vom Geologen namhaft gemachter Mergel die zur Cementfabrikation notwendigen Eigenschaften hat, ob er ein guter oder schlechter Cementmergel ist, ob er weithin gleichmässig beschaffen oder seine chemische Beschaffenheit fast von Schritt zu Schritt etwas ändert, ob er einen Romancement liefert, oder nach Portlandmethode stets mit anderen Materialien dosiert werden muss, *das alles kann der Geologe dem Gesteine nicht ansehen, das muss die eidgen. Anstalt zur Prüfung der Baumaterialien ermitteln,* und diese Untersuchung braucht Zeit und Mittel. Es ist zu erwarten, dass bei der genauen Prüfung von *hundert* Fundproben von Mergeln, die der Geologe gesammelt hat, nur *eine oder zwei* sich als technisch gut erweisen. Tausend und aber tausende von Proben würden vermutlich negatives Resultat ergeben. Die Arbeit und Kosten würden enorm anwachsen, ein solches Verfahren kann deshalb in vollem Umfange nicht eingeschlagen werden.

Ein anderes Vorgehen würde sich als fruchtbarer und weniger weitläufig, also eher durchführbar erweisen: Wir gehen aus von bekannten guten Fundstellen, die sich bewährt haben. Nun ist es dem Geologen meist schon auf Grundlage der bisherigen Untersuchungen, die etwa in einzelnen Punkten noch zu ergänzen sind, leicht möglich, anzugeben, *wie* dieses Cementsteinlager weiter verlaufen muss und *wo* es sich wieder finden lässt, auch wenn es oberflächlich verschüttet ist. Und darauf hin können *neue Fundstellen aufgedeckt und dort dann geprüft werden* — und zwar mit viel mehr Wahrscheinlichkeit für guten Erfolg, als wenn die Geologen allgemein sagen sollen, wo sich überhaupt Mergel finden. Man stelle also die Frage spezieller; z. B.: Wo findet sich die Schichtgruppe der Liesbergermergel, wo weiter diejenige der St. Sulpicer Cementsteine etc. In dieser Weise sind auch schon sehr oft die Geologen von den Industriellen mit Nutzen konsultiert worden.

Allein auch bei diesem Vorgehen ist wiederum die Baumaterialprüfungsstation selbstverständlich die Hauptsache. Wenn z. B. dem Geologen die Frage gestellt wird: *Wo* findet sich das Cementlager von Rotzloch noch weiter vor, so wird er manche Stelle angeben können — unter anderem wird er sagen: Aus dem allgemeinen Faltenbau des Gebirges folgt, dass der Lopperbergtunnel diese Schichtgruppe mit ca. 45° SSO fallen durchstochen haben muss. Allein ob dort das Cementlager noch von gleich guter Beschaffenheit ist, oder ob es bis dorthin zu thonig oder zu kalkig geworden ist, ob es an Mächtigkeit dort grösser oder ganz unbedeutend geworden ist, das ist meistens nicht im Voraus zu erraten. Sedimentäre Schichten haben ja keine unbegrenzte Ausdehnung, sie gehen in andere über oder hören auf, wo die Absatzbedingungen in der damaligen Zeit andere geworden sind. Auf ein oder zwei Kilometer Distanz sind selbst bei tiefmeerischen Bildungen bedeutende Wechsel möglich, noch rascher treten sie bei Deltathongesteinen ein.

Wir wissen z. B., dass der Grenoble-Cementstein der untersten Kreidebildung (Neocomien mit Belemnites latus) angehört, und dass die Schichten gleichen Alters und mit den gleichen Versteinerungen auch in den schweizerischen Alpen in weiter Ausdehnung (Sentis, Churfirsten, Calanda, nördliche Glarneralpen, Muotathal, Vierwaldstätterseegebiet, Stockhornkette und bis in

die Dent du Midi) und auch im westlichen Schweizerjura vorkommen. Allein auf die Distanz Grenoble-Schweiz ist absolut nicht zu erwarten, dass die Gesteine ihre eigentümliche Beschaffenheit beibehalten. Bei uns sind die gleichzeitigen Ablagerungen anders ausgefallen, und ein dem Grenobler-Cementstein gleichwertiges Material kann bei uns in den gleich alten Schichten durchaus nicht mit mehr Wahrscheinlichkeit gefunden werden, als in irgend einer ganz anderen Schichtgruppe. Die Frage: »Wo in der Schweiz findet sich die Fortsetzung des Cementsteinlagers von Grenoble?« hat deshalb technisch gar keinen Wert. Vielmehr müssen wir die Frage so stellen: Findet sich irgendwo in der Schweiz — gleichgültig in welcher Schichtgruppe, ein Cementstein, welcher in seinen Eigenschaften demjenigen von Grenoble gleichwertig ist? Die Antwort ist freilich dadurch viel schwieriger geworden.

An Rohmaterial für Cemente mit künstlicher Dosierung fehlt es in der Schweiz nicht. Hier frägt es sich sogar, ob es wünschbar sei, die Zahl der Fabriken noch wesentlich zu vermehren. Häufig stellt sich hier die Frage mehr so: Ist die örtliche Lage der Fundstelle in Beziehung auf Kraftbeschaffung, Transport- und Absatzgebiete günstig genug gelegen; und zahllose Fundstellen guter Rohmaterialien können von vorneherein nicht in Frage gezogen werden, blos weil sie nicht günstig genug gelegen sind (»Schwarze Schnur« am Mürtschenstock etc.).

Ganz anders steht es mit den Rohmaterialien für Romancemente, für Cemente die direkt ohne künstliche Dosierung verwendbar sind, und besonders für *raschbindende Romancemente*. Solche vom Grenoblertypus fehlen in der Schweiz bisher, oder sind nur spärlich in annähernden Eigenschaften vorhanden. Allein der Geologe kann bei der Untersuchung im Terrain durchaus nicht erkennen, ob bestimmte Mergel raschbindenden Romancement liefern können. Dies zu entscheiden ist wiederum Sache der chemischen Prüfung und des Experimentes. Man darf deshalb in dieser Richtung von einer geologischen Untersuchung nicht viel, und besonders keine unmittelbaren Resultate erwarten.

Vielleicht wird die nähere Prüfung zeigen, dass schon in Ausbeutung begriffene Mergellager bei anderer Behandlung das Gewünschte liefern, vielleicht lassen sich solche unter den noch

kaum in Angriff genommenen Lagerstätten entdecken. Ich erinnere diesbezüglich nur an die Oberneocommergel und die Flyschmergel, die vom Sentis bis an den Genfersee reichen, aber noch kaum in Angriff genommen worden sind. Vielleicht liegt die Frage nach der Hebung der Cementindustrie weit weniger in der Rohmaterialfrage, als in der Vervollkommnung der Fabrikationskunst, wie sie mein Kollege Prof. Tetmajer so eifrig fördert und anstrebt — oder darin, in den schon angegriffenen Cementsteinzonen einzelne Schichten herauszufinden, welche sehr günstig sind. Auch dies letztere ist wiederum nicht Sache des Geologen, sondern der Materialprüfungsstation. Prüfen wir systematisch und mit Umsicht weiter!

Gewiss müssen wir Hand in Hand vorgehen, gewiss wollen die Geologen gerne mithelfen; allein man erwarte von ihnen nicht Dinge, die nach der Natur der Sache unmöglich sind: Der Geologe kann sagen, *wohin ein gutes bekanntes Lager weiter sich erstreckt, wo mit relativ guter Aussicht geprüft werden kann, aber nicht wo ein gutes Lager wirklich vorhanden ist.*

3. Methoden der Untersuchung der Rohmaterialien hydraul. Bindemittel.

Die Rohmaterialien der hydraul. Bindemittel werden bald *vorläufigen,* bald *abschliessend-wertbestimmenden* Untersuchungen unterworfen. Erstere sind physikalisch-petrographisch und chemisch-analytischer Natur; die letzteren schliessen die vorläufigen Untersuchungen in sich; sie werden durch praktische Versuche ergänzt, welche lediglich die Feststellung des thatsächlichen Nutzeffekts (Wertverhältnisses) des Materials und damit den direkten Nachweis seiner Verwendbarkeit zur Darstellung des einen oder andern der hydraulischen Bindemittel anstreben.

a. Entnahme der Proben.

Bis auf die Puzzolanen sind sämtliche Rohmaterialien der hydraul. Bindemittel sedimentäre Gebilde; sie kommen gesteinsbildend in grössern deutlich geschichteten Massen vor. In der Regel wechselt die chemisch-physikalische Beschaffenheit des Materials von Schicht zu Schicht; sie ist mitunter auch in ein und derselben, scheinbar gleichartigen Bank recht veränderlich. Es empfiehlt sich daher mächtige Schichten an verschiedenen Stellen (oben, unten, Mitte) dünngeschichte Lager, schichtenweise sorgfältiger Untersuchung zu unterwerfen.

Die sämtlichen Arbeiten sind durch Aufnahme eines *Schichtenplanes* einzuleiten, welcher Auskunft über das Streichen, Verflächen und die Mächtigkeit der einzelnen Schichten sowie des Lagers überhaupt, erteilen soll. Sind die Schichten bezeichnet, eingemessen, ihre Ausdehnung festgestellt, so wird man zur petrographischen Beschreibung derselben schreiten und vor allem die Strukturverhältnisse, das Material an Handstücken, die man nach 3 angenähert senkrecht zu einander stehenden Richtungen zerlegt hat, feststellen. Grobes oder wechselnd feines Korn und schiefrige Struktur mahnen zur Vorsicht; Materialien dieser Art können chemisch tadellose Zusammensetzung zeigen, werden jedoch in praktischer Probe nicht selten ein zweifelhaftes, oft ein ganz schlechtes Verhalten ergeben. Die muschlige bis muschlig-

splittrige, feinkörnig bis dichte, sammetartig gleichmässige Struktur deutet auf Homogenität und inniges Gemenge der Rohmaterialkomponenten. Nicht unwichtig sind etwelche Erhebungen hinsichtlich Farbe, Härte, Frost- und Wetterbeständigkeit des Materials; sie sollten bei der petrographischen Beschreibung der einzelnen Schichten eines Rohmateriallagers nicht fehlen.

Der petrographischen Beschreibung folgt *die Entnahme der Proben* für die chemisch-analytischen Arbeiten. Soll durch diese ein massgebender Durchschnitt für die Zusammensetzung der einzelnen Schichten, oder einzelner Teilstrecken mächtiger Bänke gewonnen werden, so wird man Stelle der häufig geübten Entnahme von Handstücken, beliebig breite, gleich tiefe, bei dünngelagerten Schichten, die Schichtenhöhe umfassende Schlitze herabschroten lassen, das abgelöste Material sammeln und nach gehöriger Zerkleinerung und sorgfältiger Mischung zur Entnahme der Probe für die chemische Analyse benützen.

Bei Entnahme des Materials für die praktischen Proben, wozu insbesondere die Brandproben gehören, wird man ähnlich verfahren, nur entfällt hierbei zunächst die Zerkleinerung des Materials auf Mehlfeinheit.

b. Die chemisch-analytischen Untersuchungen.

Die chemisch-analytischen Arbeiten sind entweder *vorläufige* oder *endgültige*. Zu ersterer gehört:

die *Schlemmanalyse* (obschon eine rein mechanische),
die *Rückstandsbestimmung* und
die *reduzierte Analyse;*

zu letzteren:

die *umfassende Analyse.*

Die Schlemmanalyse ist nur bei *Thonen,* die Rückstandsbestimmung bei *Kalk- und Thongesteinen,* die reduzierte Analyse sowohl bei letztern als auch bei den Puzzolanen üblich. Selbstredend wird die umfassende Analyse bei endgültigen, rationellen Untersuchungen sämtlicher Sorten von Rohmaterialien der hydr. Bindemittel ausgeführt.

In der Schlemmanalyse wird lediglich die Thonsubstanz mit deren fein verteilten Verunreinigungen vom Quarzsand und gröberen Resten des Muttergesteins getrennt.

In der reduzierten Analyse wird bestimmt:

bei Kalk- und Thongesteinen: SiO_2, R_2O_3 (Sesquioxyde), $CaCO_3$, H_2O + Bitum;

bei Puzzolanen: SiO_2, Al_2O_3, CaO, H_2O + Bitumen.

In der umfassenden Analyse werden ermittelt:

SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, CO_2, SO_3, FeS_2, Alkalien, H_2O + Bitum;

bei Schlackenanalysen über das: FeO, MnO, und CaS.

Die auf 100 ausgeglichenen Analysen von Kalk- und Thongesteinen (vergl. die bezüglichen Zusammenstellungen der Resultate) werden auf calcinierten Zustand umgerechnet und aus dem Ergebnis der theor. *Grad der Hydraulizität* des Materials nach

$$n = \frac{CaO}{SiO_2 + R_2O_3}$$

berechnet.

Thonanalysen dienen zur Berechnung des Feuerbeständigkeitscoefficienten nach Dr. *Bischoff* und wird nach dessen Ausfall das Thonmaterial selbst klassifiziert.

Bei Hochofenschlacken wird an Hand der ausgeglichenen Analyse der Grad der Basizität nach der Formel:

$$m = \frac{CaO}{SiO_2}$$

beziehungsweise der mörteltechnische Wert durch Ermittlung des Verhältnisses von:

$$CaO : SiO_2 : Al_2O_3$$

festgestellt.

In nachfolgender, durch Hrn. *E. Ruhoff*, Chemiker der eidg. Festigkeitsanstalt, bearbeiteten Zusammenstellung geben wir eine Übersicht über die in unserer Anstalt in der Richtung der chemisch-analytischen Untersnchung der Rohmaterialien der hydraul. Bindemittel eingebürgerten Arbeitsmethoden.

a. Allgemeines.

Die Rohmaterialien zur Erzeugung hydraulischer Bindemittel sind Silikate, von denen die einen *(Mergel, Thone, natürliche Puzzolane)* durch Säuren nicht vollständig aufschliessbar sind,

andere dagegen *(Hochofenschlacken)* aufgeschlossen werden. Bei Ausführung der Analyse ist hierauf Rücksicht zu nehmen, insbesondere auch darum, weil bei den Hochofenschlacken Bestimmungen und Trennungen ausgeführt werden müssen, die bei den übrigen Materialien wegfallen.

A. *Die Analyse der Mergel, Thone* etc. erstreckt sich auf die folgenden Bestimmungen:

α. Bestimmung der *Feuchtigkeit.*

β. Bestimmung des *Glühverlustes.*

γ. Bestimmung der *Kohlensäure.*

δ. Trennung der in Salzsäure löslichen Bestandteile vom unlöslichen *Rückstand.*

ε. Trennung der *Kieselsäure* und der Basen, *Thonerde, Eisenoxyd, Kalk und Magnesia* von einander und zwar entweder durch direkte Aufschliessung des Materials mit Natriumkarbonat oder getrennt sowol im säurelöslichen Teile als im Rückstande, wobei nur der letztere der Aufschliessung mit Soda unterworfen wird.

ζ. Bestimmung der *Schwefelsäure.*

η. Bestimmung der *Alkalien.*

ϑ. Bestimmung des *Pyrites.*

ι. Bestimmung des *Quarzsandes* und *unverwitterter Mineralteile;* Trennung derselben von der *löslichen Kieselsäure (sog. rationelle Analyse).*

κ. *Schlemmanalyse.*

B. *Die Hochofenschlacken* enthalten stets Manganoxydul, Calciumsulfid, neben Eisenoxydul oft auch Eisenoxyd. Ferner kann das Wasser nicht durch Gewichtsverlust bestimmt werden, da während des Glühens Oxydationsprozesse eintreten, in Folge deren der Glühverlust teilweise oder ganz aufgehoben wird, so dass Gewichtszunahme statt Gewichtsverlust eintreten kann. Von den oben erwähnten Bestimmungen fallen also weg die des Glühverlustes, der Kohlensäure, die Trennung der säurelöslichen Bestandteile und die rationelle Analyse. Die übrigen

werden, nachdem das Material mit Salzsäure zersetzt wurde, nach denselben Methoden vorgenommen wie oben. Es kommen ferner dazu:

λ. *Direkte Bestimmung* des *Wassers.*

μ. Trennung des *Manganoxyduls* von den Sesquioxyden.

ν. Bestimmung von *Eisenoxydul* neben Eisenoxyd.

ο. Bestimmung des *Schwefels* herrührend von Calciumsulfid neben Schwefelsäure.

α. Bestimmung der Feuchtigkeit.

Man trocknet 1—2 *gr* der Substanz auf gewogener Uhrschale bei ca. 105° bis zum konstanten Gewicht. Der Gewichtsverlust ist gleich der Feuchtigkeit.

β. Bestimmung des Glühverlustes.

Man bringt die nach α getrocknete Substanz in einen gewogenen Platintiegel, setzt denselben ca. 10 Minuten der Flamme des Bunsenbrenners, hernach 30 Minuten dem Gebläse aus, lässt im Exsiccator erkalten und wiegt. Die Gewichtsabnahme oder der Glühverlust besteht aus chemisch gebundenem Wasser, Bitumen und Kohlensäure. Wenn letztere nach γ bestimmt ist, wird sie vom Glühverlust abgezogen.

γ. Bestimmung der Kohlensäure.

Die Kohlensäure kann nach verschiedenen Methoden bestimmt werden, entweder auf gravimetrischem oder volumetrischem Wege. Von den gravimetrischen Methoden wird als die zuverlässigste diejenige von *Kolbe* (unter Benutzung des Apparates von Frescenius, verbessert von Classen) benützt. Die Kohlensäure wird in mit Natronkalk gefüllten Röhren absorbiert. Der Gehalt ergiebt sich aus der Gewichtszunahme der Röhren. Der Apparat besteht aus folgenden Teilen:

Dem Entwicklungskolben (zweckmässig Erlenmeyer'sche Form), ca. 200—300 *cc* fassend, mit dreifach durchbohrtem Kautschukpfropfen. Durch dessen Bohrmengen gehen: 1) Ein Kühlrohr, das in dem von Kühlwasser umspülten Teile möglichst weit sein soll. Dasselbe setzt sich fort nach den Trocken- und Absorptionsapparaten. 2) Ein Einflussrohr mit Holmtrichter für die Zersetzungssäure. 3) Ein bis auf den Boden des Kolbens gehendes Zuleitungsrohr, durch welches mittelst Gasometerdrucks

II.

Tabelle für die Gewichte

der zu untersuchenden Substanz, wenn ein Kubikcentimeter Kohlensäure ein Prozent kohlensauren Kalk anzeigen soll bei 690 bis 750 Millimeter Barometerstand und den Temperaturen von 10 bis 25 Grad Celsius.

Millimeter

Temperatur nach Celsius	690	692	694	696	698	700	702	704	706	708	710	712	714	716	718	720	722	724	726	728	730	732	734	736	738	740	742	744	746	748	750	Temperatur nach Celsius
10°	0,3863	0,3874	0,3885	0,3897	0,3908	0,3919	0,3930	0,3942	0,3953	0,3965	0,3976	0,3987	0,3999	0,4010	0,4022	0,4033	0,4044	0,4055	0,4067	0,4078	0,4090	0,4101	0,4112	0,4124	0,4135	0,4146	0,4158	0,4170	0,4180	0,4192	0,4203	10°
11°	0,3846	0,3857	0,3868	0,3880	0,3891	0,3902	0,3913	0,3925	0,3936	0,3948	0,3959	0,3970	0,3981	0,3993	0,4004	0,4015	0,4026	0,4038	0,4049	0,4060	0,4072	0,4083	0,4094	0,4106	0,4117	0,4128	0,4140	0,4151	0,4162	0,4173	0,4185	11°
12°	0,3828	0,3839	0,3851	0,3862	0,3874	0,3885	0,3896	0,3907	0,3919	0,3930	0,3941	0,3952	0,3963	0,3975	0,3986	0,3997	0,4008	0,4020	0,4031	0,4042	0,4054	0,4065	0,4076	0,4087	0,4099	0,4110	0,4121	0,4132	0,4144	0,4155	0,4166	12°
13°	0,3811	0,3823	0,3833	0,3845	0,3856	0,3867	0,3878	0,3889	0,3901	0,3912	0,3923	0,3934	0,3945	0,3957	0,3968	0,3979	0,3991	0,4002	0,4013	0,4024	0,4036	0,4047	0,4058	0,4069	0,4080	0,4092	0,4103	0,4114	0,4125	0,4137	0,4148	13°
14°	0,3794	0,3805	0,3816	0,3827	0,3838	0,3849	0,3860	0,3871	0,3883	0,3894	0,3905	0,3916	0,3927	0,3939	0,3950	0,3961	0,3973	0,3984	0,3995	0,4006	0,4017	0,4029	0,4040	0,4051	0,4062	0,4074	0,4085	0,4096	0,4107	0,4118	0,4130	14°
15°	0,3776	0,3787	0,3798	0,3810	0,3821	0,3832	0,3843	0,3854	0,3866	0,3877	0,3888	0,3899	0,3910	0,3921	0,3932	0,3943	0,3954	0,3965	0,3977	0,3988	0,3999	0,4010	0,4021	0,4032	0,4044	0,4055	0,4066	0,4077	0,4088	0,4099	0,4110	15°
16°	0,3758	0,3769	0,3780	0,3792	0,3803	0,3814	0,3825	0,3836	0,3847	0,3858	0,3869	0,3880	0,3891	0,3903	0,3914	0,3925	0,3936	0,3947	0,3958	0,3969	0,3980	0,3992	0,4003	0,4014	0,4025	0,4036	0,4047	0,4058	0,4069	0,4081	0,4092	16°
17°	0,3740	0,3751	0,3762	0,3774	0,3785	0,3796	0,3807	0,3818	0,3829	0,3840	0,3851	0,3862	0,3873	0,3884	0,3895	0,3906	0,3918	0,3929	0,3940	0,3951	0,3962	0,3973	0,3984	0,3995	0,4006	0,4017	0,4028	0,4039	0,4050	0,4061	0,4072	17°
18°	0,3722	0,3733	0,3744	0,3756	0,3767	0,3778	0,3789	0,3800	0,3811	0,3822	0,3833	0,3844	0,3855	0,3866	0,3877	0,3888	0,3899	0,3910	0,3921	0,3932	0,3943	0,3954	0,3965	0,3976	0,3987	0,3998	0,4009	0,4020	0,4031	0,4042	0,4053	18°
19°	0,3704	0,3715	0,3726	0,3737	0,3748	0,3759	0,3770	0,3781	0,3792	0,3803	0,3814	0,3825	0,3836	0,3847	0,3858	0,3869	0,3880	0,3891	0,3902	0,3913	0,3924	0,3935	0,3946	0,3957	0,3968	0,3979	0,3990	0,4001	0,4012	0,4023	0,4034	19°
20°	0,3686	0,3697	0,3708	0,3719	0,3730	0,3741	0,3752	0,3763	0,3773	0,3784	0,3795	0,3806	0,3817	0,3828	0,3839	0,3850	0,3861	0,3872	0,3883	0,3894	0,3905	0,3916	0,3927	0,3938	0,3949	0,3960	0,3971	0,3982	0,3993	0,4004	0,4015	20°
21°	0,3667	0,3678	0,3689	0,3700	0,3711	0,3722	0,3733	0,3744	0,3754	0,3765	0,3776	0,3787	0,3798	0,3809	0,3820	0,3831	0,3842	0,3855	0,3864	0,3875	0,3886	0,3897	0,3908	0,3919	0,3929	0,3940	0,3951	0,3962	0,3973	0,3984	0,3995	21°
22°	0,3649	0,3660	0,3671	0,3681	0,3692	0,3703	0,3714	0,3725	0,3735	0,3746	0,3757	0,3768	0,3779	0,3790	0,3801	0,3812	0,3823	0,3834	0,3844	0,3855	0,3866	0,3877	0,3888	0,3899	0,3910	0,3921	0,3932	0,3943	0,3953	0,3964	0,3975	22°
23°	0,3630	0,3641	0,3652	0,3662	0,3673	0,3684	0,3695	0,3706	0,3716	0,3727	0,3738	0,3749	0,3760	0,3770	0,3781	0,3792	0,3803	0,3814	0,3825	0,3836	0,3847	0,3857	0,3868	0,3879	0,3890	0,3901	0,3912	0,3922	0,3933	0,3944	0,3955	23°
24°	0,3610	0,3620	0,3632	0,3642	0,3653	0,3664	0,3675	0,3686	0,3696	0,3707	0,3718	0,3729	0,3740	0,3750	0,3761	0,3772	0,3783	0,3794	0,3805	0,3816	0,3826	0,3837	0,3848	0,3859	0,3870	0,3881	0,3891	0,3902	0,3913	0,3924	0,3935	24°
25°	0,3591	0,3602	0,3613	0,3623	0,3634	0,3645	0,3656	0,3667	0,3677	0,3688	0,3699	0,3710	0,3720	0,3731	0,3741	0,3752	0,3763	0,3774	0,3785	0,3796	0,3806	0,3817	0,3828	0,3839	0,3850	0,3860	0,3871	0,3882	0,3893	0,3904	0,3914	25°
	690	692	694	696	698	700	702	704	706	708	710	712	714	716	718	720	722	724	726	728	730	732	734	736	738	740	742	744	746	748	750	

Millimeter

kohlensäurefreie Luft zur Verdrängung der im Kolben befindlichen Kohlensäure eingeleitet werden kann. An den Kühler schliessen sich zunächst 3 U=Rohre. Die Rundung des ersten ist mit Glasperlen und conc. Schwefelsäure gefüllt, das 2. und 3. mit karbonisiertem Chlorcalcium. Alle drei dienen zum Trocknen der durchstreichenden Gase. Das Karbonisieren d. h. Sättigen des Chlorcalciums mit Kohlensäure geschieht dadurch, dass man Kohlensäure aus einem Kipp'schen Apparate durchstreichen, dann 12 Stunden unter Kohlensäuredruck stehen lässt und den Überschuss von Kohlensäure wieder durch Durchleiten von Luft entfernt. Es folgt sodann das erste Absorptionsrohr, ganz mit Natronkalk gefüllt; sodann das zweite, zur Hälfte mit Natronkalk, zur Hälfte mit Chlorcalcium gefüllt (zum Zurückhalten allfällig aus dem ersten ausgetriebener Feuchtigkeit), endlich zum Schluss ein Schutzrohr mit Chlorcalcium gegen Einflüsse beim allfälligen Rückgange des Gasstromes.

Gang der Bestimmung. Man wiegt aus einem Kugelröhrchen je nach dem mutmasslichen Gehalt an Kohlensäure 0,1—0,5 *gr* Substanz in den Entwicklungskolben, überschichtet mit Wasser, setzt den Kolben an den Kühler, stellt die Verbindung mit den gewogenen Absorptionsröhren her und lässt Salzsäure (1 : 2) durch den Trichterhahn zutreten. Sodann kocht man 10 Minuten, bis in Röhre 1 keine Blasen mehr durchzudringen vermögen, leitet dann 30 Minuten lang einen mässig raschen Strom von kohlensäurefreier Luft durch den Apparat, lässt die Absorptionsröhren einige Zeit geschlossen im Wagezimmer stehen und wiegt sie zusammen. Die Gewichtszunahme zeigt Kohlensäure in Gramm an. Es ist zweckmässig, mit 2 Paar Absorptionsröhren zu wechseln.

Volumetrische Bestimmung nach Prof. *Lunge* und *Marchlewsky*. Der hiezu konstruierte Apparat gestattet durch Benutzung des Gasvolumeters von Lunge die Bestimmung der Kohlensäure ohne Reduktionstabellen.

Der Apparat, vergl. Fig. 1, besteht aus folgenden Teilen: Das Entwicklungskölbchen A von 30 *cc* Inhalt, verschlossen durch einen doppelt gebohrten Kautschukpfropfen, durch dessen eine Bohrung das Rohr des Trichterhahnes *a* geht, kommuniziert mittelst der Kapillare *b* mit dem Gasmessrohr *B*, welches 150 *cc*

fasst. Dasselbe ist oben abgeschlossen durch den Glashahn *c*, dessen 2 schiefe Bohrungen einerseits die Verbindung mit der Kapillare, anderseits mit dem Orsatrohr *E* (Absorptionsrohr) ermöglichen. Letzteres ist mit einer Lösung von 1 Teil Ätznatron in 3 Teilen Wasser etwas mehr als zur Hälfte gefüllt.

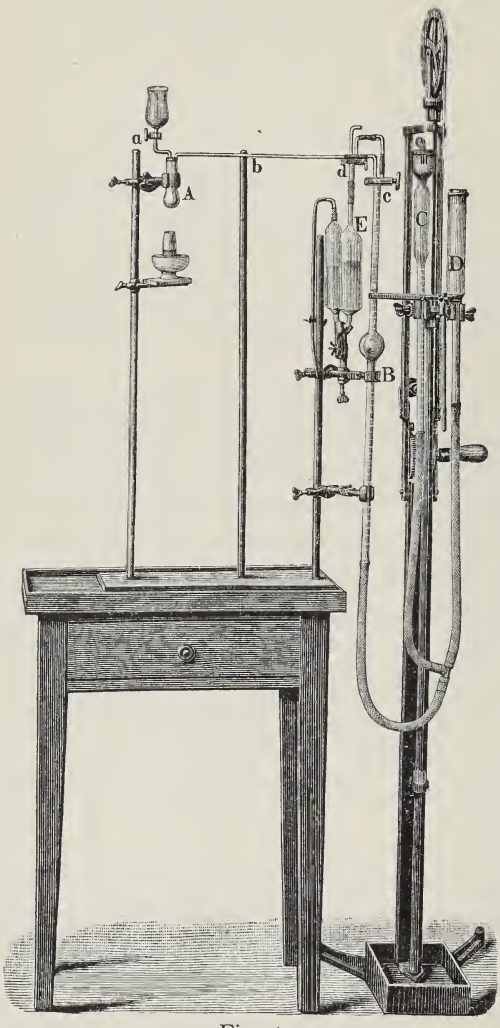


Fig. 1.

Unten kommuniziert *B* durch ein *T*=Rohr und starkwandige Kautschukschläuche mit dem Reduktionsrohr *C*, welches unterhalb der Erweiterung eine Teilung von 100 bis 130 *cc* besitzt und ein für allemal ein solches Volum von feuchter Luft enthält, als 100 *cc* bei 0° und 760 *mm* in trockenem Zustand einnehmen würden. Dies macht alle Reduktionstabellen überflüssig. Zu oberst geht es in eine becherartige Erweiterung *e* über, welche vom eigentlichen Rohr durch einen eingeschliffenen Griffstopfen abgeschlossen ist, der aber durch eine seitliche Höhlung mit entsprechender Fortsetzung in der Wandung des Rohres dennoch eine zeitweilige Kommunikation des eingeschlossenen Teiles mit der äussern Luft gestattet. Diese Kommunikation kann durch eine Viertelsdrehung des Stopfens sofort aufgehoben werden. Durch diese Einrichtung ist eine bequeme und rasche Neueinstellung des Reduktionsrohres ermöglicht. Um ein Entweichen oder Ansaugen von Luft durch den Schliff des Stopfens zu verhüten, wenn die Luft im Reduktionsrohr unter

Druck oder Saugung steht, ist der Becher mit Quecksilber gefüllt und überdies durch einen Kautschukpfropfen verschlossen, der auf den Griff des Stopfens drückt. Das Reduktionsrohr sitzt mit dem als Pumpe dienenden Niveaurohr *D* in derselben Gabelkammer, so zwar, dass sich *C* und *D* sowohl einzeln wie gemeinschaftlich verschieben lassen. Das System *B, C, D* ist mit Quecksilber gefüllt. Die Verschiebung geschieht mittelst Aufzugsrollemit Kurbelantrieb und es kann das ganze System durch Einhängen einer Sperrklinke in ein Zahnrad in beliebiger Höhe arretiert werden. Für feine Einstellungen befindet sich hinten eine Stellschraube mit Gabel, durch deren Bewegung eine grössere oder geringere Spannung des Aufzugseiles aus Stahldraht bewirkt wird. Am untern Ende der Führungsstange verhindert ein Kautschukring das harte Aufschlagen der Doppelklammer. Endlich ist noch zu erwähnen das an der letztern angebrachte Visierlineal mit Wasserwage.

Zur ersten Einstellung des Apparates muss das Reduktionsrohr *C* so behandelt werden, dass es ein für allemal eine solche Menge feuchter Luft enthält, dass diese im trockenen Zustande bei 0° C und 760 *mm* Barometerstand 100 *cc* einnehmen würde. Man füllt *B, C, D* etwa zur Hälfte mit Quecksilber, wobei der Hahn *c* und die Verbindung des Reduktionsrohres mit aussen (*e*) offen sind, bringt in *C* ein Tröpfchen Wasser und stellt nun das Quecksilber in *C* auf denjenigen Punkt, dass obige Forderung erfüllt ist. Dieser Punkt wird aus dem Stande eines dicht neben *C* aufgehängten Celsiusthermometers = *t* und demjenigen des Barometers = *b* (wobei die direkte Ablesung bei Temperaturen unter 12° um 1 *mm*, bei 13 bis 19° um 2 *mm*, bei 20 bis 25° um 3 *mm* zu verringern ist) nach folgender Formel berechnet:

$$\frac{100 \times (273 + t)\ 760}{273\ (b - t + 2)}$$

Steht das Quecksilber in *C* auf der berechneten Höhe, so schliesst man das Reduktionsrohr durch Drehung des Griffstopfens ab, schüttet Quecksilber in den Becher, drückt den Kautschukpfropfen auf, und überzeugt sich, ob das Quecksilber in *C* auch nach dieser Manipulation noch auf der berechneten Höhe steht.

Die Bestimmung der Kohlensäure selbst wird wie folgt ausgeführt: Nachdem man sich durch einen blinden Versuch

(der ganz wie die nachfolgend beschriebene Bestimmung ausgeführt wird und wobei natürlich die Ablesung vor und nach der Absorption genau dieselbe sein muss) überzeugt hat, dass sämtliche Hähne und Verbindungen dicht verschliessen, wird das Kölbchen *A* gereinigt und namentlich alle Säure herausgewaschen. Dann bringt man die abgewogene Substanz hinein, und fügt dazu etwa 0,08 *gr* feinsten Aluminiumdraht, welcher zur Entwicklung von etwas über 100 *cc* Wasserstoff hinreichen soll. Man setzt nun das Kölbchen mit dem Messrohr in Verbindung und evacuiert möglichst die Luft aus *A* durch 3—4 maliges Absaugen mittelst Senken des Niveaurohres *D* und Ausstossen der nach *B* übergetretenen Luft durch Heben von *D*. Nun lässt man durch das Füllrohr einige *cc* Säure (reine HCl, vorher mit dem 3fachen Volum ausgekochten Wassers verdünnt) nach *A* eintreten und erwärmt mit der Spirituslampe gelinde etwa 2 Minuten. Hierauf lässt man wieder etwas Säure eintreten, erwärmt nochmals 2 Minuten und wiederholt dies nochmals. Dabei wird die Kohlensäure frei gemacht, zugleich aber durch das Aluminium eine Menge von Wasserstoff entbunden und hierdurch sowie durch die Luftverdünnung alle in der Flüssigkeit gelöste Kohlensäure ausgetrieben. Während dessen muss *D* immer so gestellt sein, dass das Quecksilber darin tiefer als in *B* steht. Wenn alles Aluminium gelöst und die Flüssigkeit klar geworden ist, lässt man soviel Säure zufliessen, dass sie bis an den Hahn *c* kommt, schliesst diesen und wartet 10 Minuten zur Temperaturausgleichung. Inzwischen nimmt man *A* und die Kapillare ab, reinigt sie und trifft die übrigen Vorbereitungen für einen zweiten Versuch. Nun stellt man *C* und *D* so, dass das Quecksilber in *C* auf 100 *cc* und zugleich genau so hoch wie in *B* steht, liest den Stand von *B* ab, führt behufs Absorption der Kohlensäure das Gas dreimal nach *E* hin und zurück. (Bevor dies begonnen wird, muss die Lauge durch Blasen in den einen Schenkel des Orsatrohres getrieben werden, so dass sie bis an den Hahn *d* reicht, welcher nun erst so gestellt wird, dass er mit dem Messrohr kommuniziert. Wird der Apparat nicht gebraucht, so nimmt man zweckmässig den Hahnschlüssel von *d* ganz heraus, da er leicht festharzt). Schliesslich lässt man die Lauge wieder bis Hahn *d* steigen, stellt *C* und *D* auf das neue Volum in *B* (*C* natürlich wieder zugleich auf 100) ein und liest

ab (bei grössern Mengen von Kohlensäure wartet man auch diesmal einige Minuten zur Ausgleichung der Temperatur). Etwas übergetretenes Wasser schadet nicht, man liest stets bei den Quecksilberkuppen ab. — Der Unterschied der beiden Ablesungen vor und nach Behandlung mit Natronlauge bedeutet *cc* Kohlensäure, reduziert auf 0° C. und 760 *mm;* mit 1,966 multipliziert erhält man das Gewicht des kohlensauren Kalkes in Milligramm. Ist nun p = der abgewogenen Substanz, n = der Zahl *cc* gefundener Kohlensäure, so enthält die Substanz $n = \frac{0{,}1966}{p}$ Prozent Kohlensäure oder $n = \frac{0{,}4454}{p}$ Prozent kohlensauren Kalk. Will man diese Rechnung sich ersparen, so wägt man passende Gewichtsmengen der zu prüfenden Substanz ab. Will man z. B. die Prozente von Kohlensäure direkt ablesen, so wägt man ab:

bei kalkreichen Mergeln 0,1966 *gr* 1 *cc* = 1% CO_2,
» kalkarmen » 0,3932 *gr* 1 *cc* = 0,5% CO_2.

Will man die Prozente von kohlensaurem Kalk direkt ablesen, so wägt man ab:

bei kalkreichen Mergeln 0,2227 *gr* 1 *cc* = 2% $CaCO_3$,
» kalkarmen » 0,4454 *gr* 1 *cc* = 1% $CaCO_3$.

Diesen Apparat wenden wir neuerdings regelmässig an, weil er durchaus genaue Resultate giebt und trotz seiner anscheinenden Komplikation sehr schnelles und leichtes Arbeiten gestattet.

Volumetrische Bestimmung mittelst des Apparates von *Dietrich* und der zugehörigen Tabellen. Der Apparat, vergl. Fig. 2 besteht aus folgenden Teilen: 1) Einem Stativ, bestehend aus mit Blei ausgegossener Holzplatte und 2 eisernen Ständern. 2) Dem Gasentwicklungsgefäss *D* mit inwendig abgeschliffenem Halse. 3) Dem Gläschen *d* von ca. 10 *cc* Inhalt, mit einer Marke, bis zu der es genau 5 *cc* fasst. 4) Der bleiernen Kühlschlange *c*, welche in mehreren Windungen im Glasgefäss *C* liegt. Das kürzere Ende derselben ist durch einen dickwandigen Kautschukschlauch und einem Kautschukpfropfen mit dem Gasentwicklungsgefäss so verbunden, dass die Länge des Schlauches gestattet, das Entwicklungsgefäss *D* sowohl in das Kühlgefäss *C* als auch auf den Arbeitstisch zu stellen. 5) Dem Gasometerrohr *B* mit Einteilung in 1/5 *cc* von 0 bis 100. In der eisernen Fassung am obern Ende befindet sich eine seitliche eiserne Röhre *b*, welche durch

einen Kautschukschlauch mit dem längern Ende der Bleischlange verbunden ist. Die Röhre *B* selbst endigt in einen kurzen Kautschukschlauch mit Quetschhahn *a*. 6) Der Gleichgewichtsröhre *A* von gleicher Länge und gleichem Kaliber wie *B*, am Stativ und in der Klammer beweglich; das untere Ende ist mit dem untern Ende von *A* durch einen Kautschukschlauch verbunden. 7) Als Sperrflüssigkeit dient reines Quecksilber.

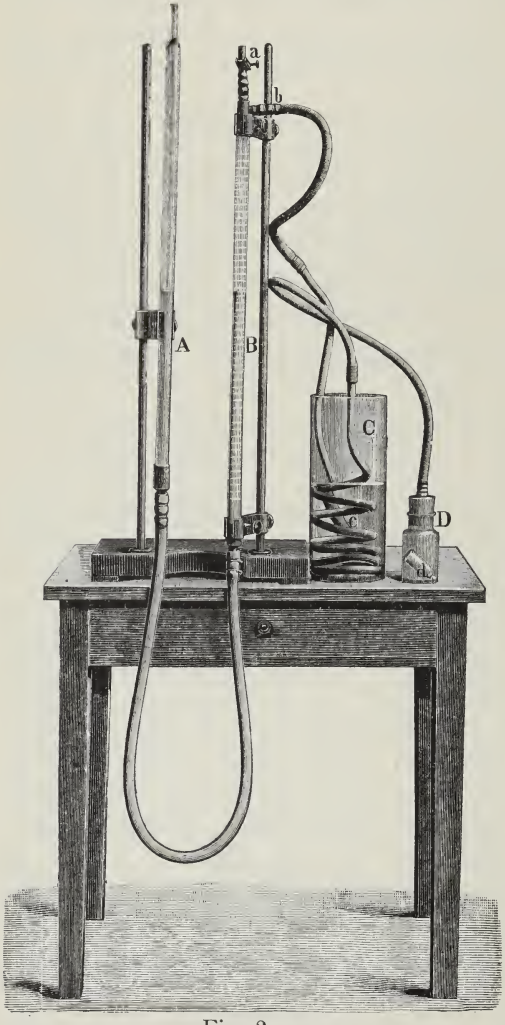


Fig. 2.

Die Operationen sind folgende: Man prüft den Apparat auf seine Dichtigkeit, indem man bei geschlossenem Entwicklungsgefäss und geöffnetem Quetschhahn das Quecksilber auf 0 einstellt, dann den Quetschhahn schliesst, die Röhre *A* senkt und festschraubt und nun beobachtet, ob nach Verlauf von einigen Minuten kein weiteres Sinken des Quecksilbers stattfindet. Man wägt nun eine gute Durchschnittsprobe der gepulverten Substanz ab und schüttet die Probe in das reine und trockene Entwicklungsgefäss *D*, füllt nun das Gläschen *d* genau bis zur Marke mit Salzsäure von 1,12 sp. Gew., stellt es ohne auszugiessen in das Entwicklungsgefäss, schliesst dieses fest mit dem Kautschukpfropfen und stellt es in das Kühlgefäss *C*, welches seit einiger Zeit mit Wasser fast gefüllt im Versuchsraume stand.

Man wartet bis zur Temperaturausgleichung und stellt das Quecksilber in *B* durch Öffnen und nachheriges Schliessen des Quetschhahnes *a* auf 0 ein. Nun fasst man mit der linken Hand die am Stativ in der Klammer locker geschraubte Röhre *A*, mit der rechten das Entwicklungsgefäss *D*, giesst mit einem Male die ganze Salzsäure durch Neigen des Entwicklungsgefässes auf die zu zersetzende Substanz und schüttelt um. Gleichzeitig senkt man mit fortschreitender Kohlensäureentwicklung die Röhre *A*, setzt das Entwicklungsgefäss in das Kühlgefäss, schraubt, wenn die Entwicklung vorüber ist, die Röhre *A* so fest, dass das Quecksilberniveau in *A* tiefer als in *B* steht, lässt eine Minute verstreichen und schüttelt noch einmal um. Zum Ablesen stellt man beide Niveau in gleiche Höhe, liest bei *B* ab und beobachtet nun die Temperatur des Kühlwassers und den Barometerstand.

Das direkt im Apparat abgelesene Resultat ist nun in allen Fällen zu niedrig, weil ein gewisses Volumen Kohlensäure von der Entwicklungsflüssigkeit absorbiert wird. Das absorbierte Volumen ist bei gleich grossen Entwicklungen konstant und wächst mit der Entwicklung. Die Tabelle I giebt nun in *cc* dasjenige Volumen Kohlensäure an, welches bei Entwicklungsmengen von 1 bis 100 *cc* von den 5 *cc* Zersetzungssäure absorbiert wird. Man sucht in der obern Reihe die durch Ablesung gefundene Zahl und zählt dann die darunter stehende entsprechende Zahl der absorbierten *cc* dazu. Bei Bruchteilen der Entwicklungsmenge unter 0,5 *cc* nehme man die zur nächstniedrigen Zahl zugehörige Absorptionsmenge an, bei solchen über 0,5 *cc* die zur nächst höhern ganzen Zahl gehörige Absorptionsmenge, da dieselbe bei einer Mehrentwicklung von 1 *cc* nur ein ganz Geringes wächst.

I.

Tabelle für die Absorption der Kohlensäure in 5 cc. Chlorwassserstoffsäure 1,125 spec. Gewicht bei einer Entwicklung von 1 bis 100 cc. Gas.

Entwickelt:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Absorbiert:	1,85	2,00	2,16	2,31	2,47	2,62	2,78	2,93	3,09	3,24	3,40	3,55
Entwickelt:	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Absorbiert:	3,70	3,86	4,02	4,17	4,33	4,48	4,64	4,79	4,95	4,96	4,97	4,98
Entwickelt:	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Absorbiert:	5,00	5,03	5,04	5,06	5,07	5,09	5,10	5,11	5,13	5,14	5,16	5,17
Entwickelt:	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Absorbiert:	5,18	5,20	5,21	5,23	5,24	5,25	5,26	5,27	5,28	5,30	5,31	5,32
Entwickelt:	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Absorbiert:	5,34	5,35	5,36	5,37	5,38	5,40	5,41	5,43	5,44	5,45	5,47	5,48
Entwickelt:	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Absorbiert:	5,50	5,51	5,52	5,54	5,55	5,57	5,58	5,59	5,61	5,62	5,64	5,65
Entwickelt:	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Absorbiert:	5,66	5,68	5,69	5,71	5,72	5,73	5,75	5,76	5,78	5,79	5,80	5,82
Entwickelt:	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Absorbiert:	5,83	5,85	5,86	5,87	5,89	5,90	5,92	5,93	5,94	5,96	5,97	5,99
Entwickelt:	97	98	99	100								
Absorbiert:	6,00	6,01	6,03	6,04								

Will man den prozentischen Gehalt einer Substanz an kohlensaurem Kalk ohne Rechnung finden, d. h. soll 1 *cc* Kohlensäure (entwickelte plus absorbierte nach Tabelle I) 1% kohlensauren Kalk anzeigen, so benutzt man Tabelle II. Man bestimmt die Temperatur des Kühlwassers vor dem Versuch, beobachtet den Barometerstand, sucht in der Tabelle den Barometerstand in der über der horizontalen obern Doppellinie befindlichen Reihe, die Temperatur in der links von der linken vertikalen Doppellinie befindlichen Reihe, nimmt die auf dem Durchschnittsfelde der hierdurch angezeigten Vertikal- und Horizontalreihe befindliche Zahl und wiege soviel von der zu untersuchenden Substanz in Grammen ab. Dann giebt die Zahl der nach der Entwicklung abgelesenen *cc* plus den bei der Entwicklung absorbierten den Prozentgehalt der Substanz an kohlensaurem Kalk an.

Beispiel:

Temperatur des Kühlwassers 21° C.
Barometerstand 748 *mm*
Darnach Einwage nach Tabelle II 0,398 *gr*
Entwickelt 36,3 *cc* Kohlensäure
Absorbiert nach Tabelle I. 5,17 *cc* »
Gesamtvolumen 41,47 *cc* »

also enthält die Substanz auch 41,47% kohlensauren Kalk. Von Substanzen, welche voraussichtlich unter 50% $CaCO_3$ haben, kann man die doppelte Menge als Tabelle II. zeigt, abwägen, da alsdann 2 *cc* $CO_2 = 1\%$ $CaCO_3$ sind, so ist das gefundene Gesamtvolumen durch 2 zu dividieren, um die gewünschte Prozentzahl zu finden.

δ. Trennung der in Salzsäure löslichen Bestandteile vom unlöslichen Rückstand.

Man behandelt 1—2 *gr* der Substanz in einer Porzellanschale mit Salzsäure (1 Teil 4 Cl von 1,19 sp. Gew. auf 3 Teile H_2O) indem man jeweilen 10 Minuten kocht, absitzen lässt und dekantiert. Dies wird solange wiederholt, bis die Flüssigkeit auch bei anhaltendem Kochen farblos bleibt. Da auf diese Art jedoch die Resultate zweier Controllen oft bis 0,5% differieren, empfiehlt es sich, die Extraktion im Soxhlet'schen Apparate

vorzunehmen. Die Substanz wird, in ein analytisches Filter gehüllt, in den Apparat gebracht und nun lässt man so lange die kochende Säure darauf einwirken, bis die Flüssigkeit vollständig farblos abläuft. Zur Kondensation verwendet man am besten einen Kugelkühler. Man erspart auf diese Art viele Arbeit und hat den Vorteil, dass 2 Analysen unter genau gleichen Bedingungen (Konzentration und Temperatur der Löseflüssigkeit, Zeit der Einwirkung) durchgeführt werden können. Der Rückstand wird in beiden Fällen auf ein Filter gebracht, gut mit Salzsäure und nachher mit heissem Wasser nachgewaschen, die Waschwässer werden der Lösung zugefügt. Der Rückstand wird im Platintiegel verbrannt, als solcher gewogen und sodann mit Natriumkarbonat in folgender Weise aufgeschlossen: Man schmilzt denselben mit der 4 bis 5fachen Menge von Natriumkarbonat bis zum ruhigen Fluss, lässt erkalten und zersetzt die Schmelze mit verdünnter Salzsäure. Soll aus irgend welchem Grunde die hier beschriebene Trennung wegfallen, so unterwirft man direkt die ursprüngliche Substanz der Aufschliessung mit Natriumkarbonat.

Die weitere Behandlung sowol des Schmelzproduktes der ursprünglichen Substanz, als auch anderseits der erhaltenen salzsauren Lösung und des Schmelzproduktes des unlöslichen Rückstandes erfolgt nach *ε*.

ε. Trennung der Kieselsäure und der Basen Thonerde, Eisenoxyd, Kalk und Magnesia.

Man verdampft die Zersetzungsflüssigkeiten auf dem Wasserbade und zuletzt auf dem Luftbade zur staubigen Trockne, trocknet sodann im Trockenschrank 1 Stunde bei 120°, befeuchtet nach dem Erkalten mit Salzsäure, um Eisenoxyd in Eisenchlorid zurückzuverwandeln, nimmt mit heissem Wasser auf, filtriert die *Kieselsäure* ab, verbrennt und wägt sie.

Das Filtrat wird auf 200 *cc* gebracht und davon 50 *cc* zur successiven Bestimmung der genannten Basen verwendet. Man erhitzt zum Kochen, fällt mit kohlensäurefreiem Ammoniak (erhalten durch Austreiben des Gases aus Ammoniakflüssigkeit, welche 24 St. über Kalk gestanden hat, und Einleiten des Gases in ausgekochtes destilliertes Wasser bis zur Sättigung), verjagt

den Überschuss desselben, filtriert den Niederschlag möglichst rasch ab und wäscht ihn gut mit heissem Wasser, verbrennt ihn im Platintiegel und wiegt als Thonerde plus Eisenoxyd ($Al_2O_3 + Fe_2O_3 = R_2O_3$ Sesquioxyde).

Das Filtrat wird zum Sieden erhitzt, mit siedender Ammonoxalatlösung versetzt und dadurch Kalk als Calciumoxalat gefällt. Der Niederschlag wird einige Stunden auf dem Wasserbad, sodann bis am andern Tag stehen gelassen, abfiltriert, sehr gut mit heissem Wasser gewaschen, verbrannt und scharf vor dem Gebläse geglüht, dadurch das Calciumoxalat (CaC_2O_4) in Calciumoxyd (CaO) übergeführt und als solches gewogen. Das Filtrat wird soweit nötig eingedampft, erkalten gelassen, und durch Zusatz von Ammoniak, Ammonchlorid, Natriumphosphat (Na_2HPO_4) sowie schliesslich wieder Ammoniak die Magnesia als Magnesiumammoniumphosphat ($MgNH_4PO_4$) gefällt. Man filtriert nach 24 St. ab, trocknet den Niederschlag, löst ihn soweit als möglich vom Filter, äschert letzteres in der Platinspirale ein, fügt die Filterasche zum Niederschlag, führt das Ganze durch Glühen in Magnesiumpyrophosphat ($Mg_2P_2O_7$) über und wiegt als solches.

In einer 2. Portion von 50 *cc* wird das Eisenchlorid durch Zink zu Chlorür reduziert und mit einer auf Blumendraht eingestellten Lösung von Kaliumpermanganat bis zur eben bleibenden Rotfärbung titriert, das gefundene Eisen auf *Eisenoxyd* umgerechnet und dieses von der Summe der Sesquioxyde abgezogen. Die Differenz entspricht der *Thonerde*. Um die störenden Wirkungen der salzsauren Lösung zu eliminieren, setzt man vor der Titration zu der Flüssigkeit 20 *cc* einer Mangansulfatlösung (1 Teil kryst. $MnSO_4$ auf 5 H_2O).

ζ. Bestimmung der Schwefelsäure.

Hiezu wird eine 3. Portion von 50 *cc* der ursprünglichen Lösung verwendet. Man entfernt Thonerde und Eisenoxyd durch Fällung mit Ammoniak, säuert das Filtrat mit reiner HCl an, erhitzt zum Kochen, fällt mit siedender Lösung von Baryumchlorid, lässt ½ Stunde stehen, dekantiert möglichst gut durch ein Filter, giesst 100 *cc* siedendes Wasser auf den Niederschlag, rührt um, dekantiert nach 3 Minuten wieder und wiederholt dies

so lange, bis die Flüssigkeit nicht mehr sauer reagiert, spritzt dann den Niederschlag auf das Filter, verbrennt und wiegt als Baryumsulfat ($BaSO_4$).

η. Bestimmung der Alkalien.

Die Alkalien müssen, sofern eine direkte Bestimmung verlangt wird (andernfalls rechnet man die Differenz der Summe aller andern Bestandteile von 100,0 als Alkalien) in einer eigenen Probe bestimmt werden, da man während des Ganges der Analyse Alkalisalze zusetzt. Dieselben sind in der Regel dem löslichen Teile zuzuzählen. Das Vorhandensein derselben im Rückstand ergiebt sich aus der Vergleichung des unter ∂ gefundenen Resultates mit der Summe der im Rückstand gefundenen Einzelbestandteile. Zur Bestimmung der Alkalien verfährt man wie folgt: (Post, chem. techn. Analyse II. S. 63). Man behandelt 1—2 *gr* der Substanz unter Zusatz von Schwefelsäure mit starker wässeriger Flusssäure und die so gewonnenen Sulfate mit Salzsäure. Bleibt etwas ungelöst, so lässt man absitzen, giesst die Flüssigkeit so weit als möglich klar ab und unterwirft den Rückstand einer neuen Behandlung mit Fluorwasserstoff. Zu der erhaltenen Lösung fügt man vorsichtig Baryumchlorid, so lange ein Niederschlag entsteht, dann — ohne zuvor abzufiltrieren, Ammoniak und Ammonkarbonat, lässt in der Kälte absitzen, filtriert, wäscht aus, verdampft die Lösung, glüht den Rückstand zur Verjagung der Ammonsalze, nimmt mit Wasser auf, kocht zur Entfernung der Magnesia mit etwas reiner Kalkmilch, fällt im Filtrat Kalk und einen kleinen Rest von Baryt mit Ammoniak und Ammonkarbonat und bestimmt die Alkalien zunächst zusammen als Chloride. Dann löst man wieder in wenig Wasser, fügt überschüssiges Platinchlorid hinzu, verdampft auf dem Wasserbade fast bis zur Trockne, behandelt mit Weingeist von 80 Vol.-Proc., sammelt den Niederschlag auf einem gewogenen Filter, wäscht mit Weingeist aus, trocknet und wägt als Kaliumplatinchlorid. Das Natrium, das sich im Filtrat befindet, ergiebt sich, wenn man die Menge des Kaliumchlorid von der Gesamtsumme der Chloride abzieht.

ϑ. Bestimmung des Pyrites.

Nach *Prof. Dr. Lunge,* vergl. dessen Taschenbuch für Sodafabrikanten: Man schliesst 0,5 *gr* Substanz mit 10 *cc* einer Mischung

von 3 Teilen HNO_3 (1,4 sp. Gew.) und 1 Teil rauchender HCl (beide frei von H_2SO_4) auf, verdampft im Wasserbad zur Trockne, wiederholt dies nach Zusatz von 5 *cc* Salzsäure, bis keine salpetrigen Dämpfe mehr entweichen, setzt dann 1 *cc* conc. Salzsäure und 100 *cc* heisses Wasser zu, filtriert durch ein kleines Filter und wäscht heiss aus. Im Filtrate fällt man zuerst Thonerde und Eisenoxyd mit Ammoniak, filtriert und wäscht aus, ohne dass das neue Filtrat 200 *cc* übersteigt, fällt mit Baryumchlorid und verfährt im Übrigen genau so wie unter ζ. (Bestimmung der Schwefelsäure) angegeben wurde. War neben Pyrit auch noch Schwefelsäure herrührend von Sulfaten vorhanden, so muss der unter ζ erhaltene Betrag von SO_3 vom jetzt erhaltenen abgezogen und der Rest auf S resp. FeS_2 umgerechnet werden.

ι. Bestimmung von Quarzsand und nicht verwitterten Mineralteilen. (Rationelle Analyse).

(Nach Post, chem. techn. Analyse, II S. 64.)

Man erhitzt 1—2 *gr* der Substanz während 10—12 Stunden in einer Platinschale mit einer reichlichen Menge Schwefelsäure derart, das die letztere zum Schluss beinahe, aber nicht vollständig verdampft ist. Man lässt erkalten, verdünnt mit Wasser, wäscht den ungelösten Rückstand (A + B) aus, bringt ihn noch feucht in eine Platin- oder Porzellanschale und behandelt ihn mit einer kochenden Sodalösung. Diese Behandlung mit Schwefelsäure und Soda wiederholt man so oft, bis kochende Sodalösung aus dem Rücktsand keine Kieselsäure mehr auflöst. Man filtriert jedesmal sehr heiss (unter Benutzung eines Heisswassertrichters) durch ein gewogenes Filter ab. Das Ungelöste wäscht man erst mit heissem Wasser, dann — um jede Spur von anhaftendem Natriumkarbonat zu entfernen — mit sehr verdünnter Salzsäure, endlich wieder mit reinem Wasser aus. Den Rückstand auf dem Filter trocknet man bei 120° und wägt ihn (A). Das alkalische Filtrat säuert man mit Salzsäure an und bestimmt die darin enthaltene Kieselsäure (B), wie unter ε angegeben ist. Ist nun A + B gleich dem Kieselsäuregehalt, der durch Aufschliessen der Substanz mit Natriumkarbonat ermittelt worden ist, so ist das Unlösliche (A) reiner Quarzsand. Ist A + B grösser als der in der Gesamtanalyse gefundene Kieselsäuregehalt, so

ist dies ein Beweis, dass ein Teil des Sandes aus unverwitterten oder nur oberflächlich angegriffenen Feldspath-, Glimmer- etc. Trümmern besteht. — Da die Mergel gewöhnlich einen ziemlichen Gehalt an Calciumkarbonat besitzen, welches bei der Behandlung mit Schwefelsäure durch Bildung von Gyps, der sehr schwer auszuwaschen ist, störend einwirkt, so empfiehlt es sich, nicht die ursprüngliche Substanz, sondern den durch Extraktion mit Salzsäure (s. unter *d*) vom Calciumkarbonat befreiten Rückstand der rationellen Analyse zu unterwerfen.

z. Die Schlämmanalyse.

(Nach Olschewsky, Katechismus der Ziegelfabrikation, Seite 9 ff).

Um einen Thon daraufhin zu untersuchen, ob ihm der Sand in fein oder gröber zerteiltem Zustande beigemengt ist, wendet man die sogenannte Schlämmanalyse an und benutzt hiezu den Schöne'schen Schlämmapparat.

Die Konstruktion des Apparates ist folgende: Ein oben ca. 3 *cm* weiter, auf ca. 12 *cm* Länge cylindrischer und sich dann auf eine Länge von ca. 0,5 *m* bis auf ca. 7—8 *mm* verjüngender Glastrichter ist an diesem untern engern Teile umgebogen und dient das umgebogene Rohrende für einen konstanten Wasserzufluss, indem es mittelst eines Schlauches mit einem Wasserreservoir in Verbindung gesetzt wird. Das obere Ende des Trichters ist mittelst eines Gummipfropfens verschhlossen und sitzt in diesem ein N-förmig gebogenes Druckrohr (Piëzometerrohr), das an seinem untern Knie mit einer feinen Öffnung versehen ist. Tritt nun zu dem Schlämmtrichter Wasser unter konstantem Drucke, so wird dasselbe allmälig in demselben ansteigen und schliesslich ausfliessen. In dem weit über die Ausflussöffnung emporsteigenden Schenkel des Piëzometerrohres wird sich eine Wassersäule, dem konstanten Drucke des Reservoirs und der Ausflussquantität aus der Knieöffnung entsprechend, ansammeln, deren Höhe man an einer auf dem Rohre angebrachten Skala ablesen kann. Bestimmt man für verschiedene Wasserstandshöhen im Piëzometerrohr die Ausflussquantitäten in gewisser Zeiteinheit und kennt den Querschnitt des im obern Teile des Schlämmtrichters befindlichen cylindrischen Raumes, so kann man für jede Ablesung am Rohre die Geschwindigkeit des zuströmenden Wassers im cylindrischen Schlämmraume berechnen.

Thut man den zu untersuchenden Thon in den Schlämmtrichter, so wird je nach der mehr oder minder grossen Geschwindigkeit des zuströmenden Wassers der gröbere resp. feinere Sandanteil übergeführt werden und man kann so eine qualitative Untersuchung der Thone ihrer Korngrösse nach ermöglichen. Um einen konstanten Untersuchungsmodus durch die Schlämmanalyse herbeizuführen, ist Folgendes eingeführt und acceptiert worden: Man bezeichnet:

Mit *Thonsubstanz* dasjenige Schlämmprodukt, welches bei einer Stromgeschwindigkeit von 0,18 *mm* pro Sekunde im Schlämmraum übergeführt wird und dessen Korngrössen von 0,00 bis 0,01 *mm* hinaufgehen.

Mit *Schluff* ein Schlämmprodukt bei einer Geschwindigkeit von 0,70 *mm* pro Sekunde und Korngrössen von 0,01 bis 0,25 *mm*

Mit *Staubsand* das Produkt bei 1,5 *mm* Geschwindigkeit und Korngrössen von 0,025 bis 0,04 *mm*.

Mit *Streusand* bezeichnet man die Korngrössen von 0,04 bis 0,2 *mm*, welche bei diesem Schlämmverfahren im Schlämmtrichter zurückbleiben.

Bevor man den zu untersuchenden Thon in den Schlämmtrichter spült, hat man ihn durch ein Sieb von 0,2 *mm* Maschenweite zu sieben. Das auf diesem Sieb verbliebene bezeichnet man als «*Grober Sand*».

Man verwendet zur Schlämmanalyse ca. 50 *gr* Thon. Derselbe wird in einer Schale mit Wasser übergossen, 1—2 Stunden gekocht, durch das Sieb mit 0,2 *mm* Maschenweite gesiebt und dann das Hindurchgegangene dem Schlämmprozess im Trichter des Schöne'schen Apparates unterworfen.

λ. Direkte Wasserbestimmung
(in Hochofenschlacken).

Man mischt ca. 1 *gr* der Substanz in einem schwer schmelzbaren Glasrohr mit 20 *gr* ausgeglühtem Bleisuperoxyd und leitet während des Erhitzens in einem kleinen Verbrennungsofen einen trockenen Luftstrom hindurch. Am andern Ende befindet sich ein gewogenes Chlorcalciumrohr. Die Gewichtszunahme desselben giebt unter diesen Umständen nur den Wassergehalt an, alle Schwefelverbindungen werden als Bleisulfat zurückgehalten.

μ. Trennung der Sesquioxyde von Manganoxydul.

Sofern der Gehalt an Manganoxydul 2% nicht übersteigt, was aus der Färbung einer Schmelzprobe mit Soda ungefähr ermittelt werden kann, genügt Fällung der Sesquioxyde mit Ammoniak bei Gegenwart von viel Ammonsalzen, in deren Überschuss Mangan gelöst bleibt. Hernach fällt man mit Schwefelammonium Mangansulfid, lässt den Niederschlag über Nacht absitzen, filtriert ihn ab, wäscht mit Ammonchlorid- und Ammonsulfidhaltigem Wasser, trocknet, bringt in einen Porzellantiegel, äschert das Filter ein und fügt die Filterasche zu, glüht das Ganze bei Luftzutritt vor dem Gebläse, wiegt als Mn_3O_4 und rechnet auf MnO um.

Das Filtrat von MnS-Niederschlag wird angesäuert, aller Schwefel durch Kochen abgeschieden und abfiltriert und das Filtrat wie oben unter ε weiter behandelt.

Ist der Mangangehalt grösser als 2%, so wendet man zur Trennung von den Sesquioxyden die Acetatmethode an. Die Lösung wird mit Ammonkarbonat neutralisiert, bis eben ein bleibender Niederschlag entsteht; dieser wird mit einigen Tropfen Essigsäure gelöst, sodass die Lösung genau neutral ist. Nun wird eine gesättigte Lösung von Ammonacetat zugesetzt und mit kochendem Wasser bis zum Liter verdünnt. Thonerde und Eisenoxyd scheiden sich als basische Acetate ab. Sie werden abfiltriert, nochmals in verdünnter HCl gelöst, wieder mit NH_3 gefällt, filtriert und das Filtrat dem ersten zugefügt. In den vereinigten Filtraten bestimmt man Mangan wie oben.

ν. Bestimmung von Eisenoxydul neben Eisenoxyd.

In der Regel wird der durch Titration gefundene Eisengehalt ganz als Eisenoxydul in Rechnung gebracht. Ist auch Eisenoxyd vorhanden, so löst man eine besondere Portion der ursprünglichen Substanz im Kohlensäurestrom in starker Salzsäure oder wenn es geht, in verdünnter Schwefelsäure und titriert wie gewöhnlich. Das Resultat dieser Titration entspricht nur dem Eisenoxydulgehalt. Bei Berechnung der Gesamteisenmenge muss dann eine diesem Oxydulgehalt entsprechende Menge Eisenoxyd in Abzug gebracht werden.

o. **Bestimmung des Sulfidschwefels neben Schwefelsäure.**

Dies geschieht durch 2 Parallelbestimmungen. Die eine Probe wird direkt mit HCl behandelt, die Kieselsäure wird abgeschieden und das Filtrat mit Baryumchlorid versetzt wie oben unter ζ. Die so gefundene Menge Baryumsulfat entspricht der Schwefelsäure, welche als solche (gebunden an Calcium als Calciumsulfat) im Material vorhanden war.

Die 2. Probe wird 24 Stunden mit Bromwasser stehen gelassen unter zeitweisem Umrühren und Erneuerung des Bromwassers. Dadurch geht das Calciumsulfid ebenfalls in Calciumsulfat über, das durch Baryumchlorid gefällte Baryumsulfat entspricht also der Menge der als solcher vorhandenen Schwefelsäure plus der durch Oxydation entstandenen. Man zieht das Resultat von Probe 1 von demjenigen von Probe 2 ab, rechnet den Rest auf Schwefel um und diesen auf CaS. Von der Gesamtsumme des Kalkes müssen natürlich die dem $CaSO_4$ und CaS entsprechenden Mengen abgezogen werden.

c. Von der abschliessend-wertbestimmenden Untersuchung des Rohmaterials.

Die abschliessend-wertbestimmenden Untersuchungen der Rohstoffe hydraul. Bindemittel wechseln mit der Materialgattung und bestehen

bei *Kalk- und Thongesteinen*

a. in Brandproben;
b. in der Feststellung der Löschfähigkeit des gebrannten Materials;
c. in der Prüfung seiner hydraul. Erhärtungsfähigkeit;
d. in der Prüfung seiner Abbindeverhältnisse und der Kraftentfaltung;

bei *Puzzolanen*

e. in der Prüfung der hydraul. Erhärtungsfähigkeit;
f. in der Prüfung der Abbindeverhältnisse und der Kraftentfaltung des zerkleinerten Materials in Mischungen mit trocken gelöschten Ätzkalk.

a. *Brandproben.* Die Probebrände werden in einem Probeofen ohne pyrometrische Messungen ausgeführt. Je nach Material-

beschaffenheit sind die Temperaturabstufungen der Probebrände verschiedenartig gewählt. So wurden in verschiedenen Portionen

Dolomite einmal vor gänzlicher Austreibung der CO_2, dann bis zu dieser. —;

Kalk- und Thongesteine einmal bis zur gänzlichen Austreibung der CO_2, dann bis zur eintretenden Verschlackung der Oberflächen bezw. bis zur durchgreifenden Sinterung der Masse gebrannt.

Der Probeofen der eidg. Festigkeitsanstalt ist ein, versuchsweise in Portland-Cement erstellter Schachtofen. Der Brennraum desselben ist cylindrisch, gegen den Rost schwach konisch zugezogen. Die Schachtweite misst 48 *cm*; die Schachthöhe über den Rost 1,64 *m*.

Dolomite werden in kleinen Portionen über Holzfeuer gebrannt. Einen möglichst gleichmässigen Gasbrand zu erzielen, wird der Rost des Ofens zunächst mit einer Schicht faustgrosser Ziegelbrocken belegt, auf welche das zu brennende Material in einer Schichthöhe von ca. 20—25 *cm* ausgebreitet wird. Die Befeuerung geschieht vom Aschenfall aus. Bei *Kalk- und Thongesteinen* wird der Ofen zur Hälfte, selten höher, lagenweise mit unter Faustgrösse zerschlagenen Steinstücken und Koaks als Brennstoff beschickt und ist die Menge und die Verteilung des Brennstoffs durch Versuche derart ermittelt, bis ein angenäherter Gasbrand der gewünschten Intensität erreicht wird. Das gebrannte Material wird sortiert und sodann den weitern Proben unterworfen.

b. *Prüfung der Löschfähigkeit.* Die Löschfähigkeit des gebr. Materials wird nach dem Löschverfahren des Weisskalks in Pulverform durchgeführt. Die zur Einleitung des Löschprozesses erforderliche Wassermenge erhält das Material durch Eintauchen in ein wassergefülltes Gefäss. Auf einem Drahtgeflecht lagernd, wird das zu löschende Material so lange unter Wasser gehalten, als zu dessen Wassersättigung nötig. Das so angefeuchtete Material gelangt in eine metallerne Löschbank und wird hier beobachtet. Je nach dem Grade der Erwärmung und des Aufgehens erhält das Material so lange Wasser zugespritzt, bis dasselbe den Prozess des Zerfallens beendigt, die

Dampfbildung nachgelassen hat. Nach Verfluss von ca. 8 Tagen wird dem inzwischen getrockneten Materiale eine grössere Probe (250 *gr*) entnommen und nach Separation der gröbern Rückstände mittelst Sieb von 144 Maschen pro cm^2 bei 0,3 *mm* Drahtstärke, die Menge der gröbern Rückstände bestimmt und in % auf das Gewicht der Probe bezogen.

c. *Prüfung der hydraulischen Erhärtungsfähigkeit.* Um zu konstatieren, ob das gebrannte auf Mehlfeinheit gebrachte Material die Fähigkeit besitzt unter Wasser dauernd zu erhärten, rühre man eine angemessene Menge des pulverförmigen Materials mit so wenig Wasser, als zur plastischen Formbarkeit der Masse eben noch nötig, zu einem steifen Brei, balle denselben zwischen den Händen zu einer Kugel von ca. 4—5 *cm* Durchmesser und breite diese schliesslich auf einer ebenen, nicht absaugenden Unterlage zu einem Kuchen von ca. 1,0 *cm* mittlerer Stärke ohne dünn auslaufende Ränder aus. Der so gewonnene Probekörper wird in feuchter, luftzuggeschützter Atmosphäre so lange aufbewahrt, bis der Fingernagel keinen Eindruck mehr erzeugt. Hierauf gelangt der Kuchen in ein Wasserbad von ca. 15° C., um darin mindestens 4 Wochen lang zu verbleiben.

Erfährt die Probe im Wasser eine mit der Zeit zunehmende Verfestigung, eine wachsende Härte, die sich insbesondere durch Änderung der ursprünglich dumpfen Klangfarbe des Kuchens kenntlich macht, so kann das Material als »*hydraulisch erhärtend*« bezeichnet werden. Materialien, die es nicht sind, werden oft mürbe, schleimig; sie erweichen allmälig und können sich mit der Zeit gänzlich auflösen.

d. *Prüfung der Abbindeverhältnisse.* Die Prüfung der Abbindeverhältnisse des gebrannten und entsprechend zerkleinerten Materials erfolgt in gleicher Weise, wie bei fertigen Handelswaaren; vergl. den Abschnitt bezüglich »Abbindeverhältnisse« »*Abbindeverhältnisse*« unter »Prüfung der hydraul. Bindemittel«.

e. *Prüfung der Kraftentfaltung.* Steht die Hydraulicität eines Materials fest, so wird dessen Kraftentfaltung nach Anleitung der Bestimmungen der schweiz. Normen für die einheitliche Prüfung hydraul. Bindemittel ermittelt. Näheres über diesen Gegenstand vergl. den Abschnitt »Prüfung der Festigkeitsverhältnisse« des vorliegenden Heftes.

An dieser Stelle genügt die Bemerkung, dass die Kraftentfaltung des Materials durch Feststellung der Zug- und Druckfestigkeit in normengemässen Sandmischungen (1 : 3 in Gew.-T.) nach 7- und 28-tägiger Luft- und Wasserlagerung bestimmt wird.

Vor der normengemässen Verarbeitung des Materials zu Probekörpern erfährt dasselbe je nach Beschaffenheit eine verschiedenartige Behandlung.

Materialien, die gebrannt sich der Hauptsache nach in ein mehliges Pulver löschen, werden auf einem 900-Maschensieb (900 Maschen a. d. cm^2) in entsprechend trockenem Zustande abgesiebt und so die unwesentlichen und gröbern Rückstände vom eigentlichen Löschgute getrennt.

Materialien, die sich ohne intensive Wärmeentwicklung und bei mässigem Gedeihen nur teilweise zu Pulver löschen, werden nach entsprechender Auslagerung ohne vorherige Separation auf einer der beiden Kugelmühlen soweit zerkleinert, dass am 900-Maschensieb ca. 10 % Rückstand zurückbleibt.

Ähnlich werden auch solche Materialien behandelt, die gebrannt sich ohne Löscherscheinungen mit Wasser sättigen, bezw. die gesintert sind und benetzt nur unbedeutende Wassermengen aufnehmen. Materialien der letztern Art werden in der Regel ohne Benetzung direkt vermahlen, ausgelagert und zur Prüfung der Kraftentfaltung verwendet.

Natürliche Puzzolanen sowie die granulierte und künstlich getrocknete Hochofenschlacke werden bis auf einen Rückstand von 10 % am 4900. Sieb zerkleinert, hierauf mit gut ausgelagerten und am 900. Sieb ausgesiebten trockengelöschten Kalk s. Z. im Verhältnisse von 100 Puzzolanemehl auf 15, 20, 25, 30 und mehr Gewichts-Teile Kalkhydrat, versetzt und die so gewonnenen Mischungen mit 3 Gewichts-Teilen Sand nach Anleitung der Normen zu Probekörpern der Zug- und Druckfestigkeit verarbeitet.

4. Zusammenstellung der Resultate der Untersuchung der Rohmaterialien.

Kategorie: **Chemisch-Analytische Arbeiten.**

Die nachstehenden Analysen sind nach der von Herrn Prof. Dr. Lunge im Jahre 1882 angegebenen Methode (Aufschliessen des Materials mit Natriumkarbonat und nachheriges Zersetzen der Schmelze mit Salzsäure) ausgeführt worden.

Sämtliche Zahlen sind die Mittelzahlen aus zwei Analysen.

Die Kolumne »Zusammensetzung im Anlieferungszustande« enthält die Originalanalysen.

Die Zahlen in der Rubrik »In gebranntem Zustande« sind in folgender Weise bezeichnet: Der Berechnung wurde in allen Fällen die Summe 100,00 zu Grunde gelegt. Von dieser wurde abgezogen die Summe von $CO_2 + H_2O$, und sodann die Zahlenwerte von SiO_2, R_2O_3 und CaO entsprechend erhöht, so dass die Summe abzüglich CO_2 und H_2O wiederum 100 ausmachte.

Wenn in einem Falle die ursprüngliche Summe 100 nicht erreichte, so wurde der Rest als Alkalie angesehen.

Überstieg dagegen die ursprüngliche Summe 100, so wurde der Mehrbetrag proportional auf die einzelnen Bestandteile verteilt und die entsprechende Quote von diesem abgezogen. Die so neu erhaltenen Zahlen wurden der Berechnung auf gebranntem Zustand zu Grunde gelegt.

No.	Einsender	Fundort	Geologisches Alter nach Prof. Heim	Chemiker	Chem. Zusammen		
					SiO_2 %	R_2O_3 %	CaC %
			Kanton Aargau.				
1	Zurlinden u. Cie.	Küttingen	Oxfordien	Prof. Treadwell	13,62	5,60	43,1
2	„	„	„	„	18,12	8,78	37,2
3	H. Lüscher	Aarburg	?	Dr. Heintzel	8,32	4,29	45,8
4	„	„	?	„	33,94	12,56	23,9
5	„	„	?	„	2,09	1,59	51,6
6	„	„	?	„	6,76	3,29	48,3
7	„	„	?	„	18,11	7,33	39,7
8	H. Goos	Reckingen	Oxfordien	A. Barbezat	25,54	9,81	33,0
9	„	„	„	„	19,17	6,81	37,9
10	„	„	„	„	20,47	8,90	35,2
11	„	„	„	„	31,41	13,03	26,9
12	„	„	„	„	7,50	3,08	49,1
13	„	„	„	„	5,77	1,68	51,3
14	„	„	„	„	3,77	1,42	52,1
15	„	„	„	„	5,66	2,22	51,1
16	Alb. Fleiner	Küttingen	Oxfordien,	„	28,48	11,33	27,6
17	„	„	Birmensdorfer u.	„	16,38	6,24	43,6
18	„	„	Effinger Schicht.	„	22,75	6,39	32,7
19	„	„	„	„	14,94	5,45	39,0
20	„	„	„	„	23,52	7,86	31,6
21	„	Erlisbach	Oxfordien	A. Contat	18,91	8,92	33,7
22	„	„	„	„	17,75	7,24	37,4
23	„	„	„	„	14,96	6,88	38,1
24	„	„	„	„	6,61	6,90	37,9
25	„	„	„	„	14,68	6,30	38,4
26	„	„	„	„	8,45	4,48	47,6
27	„	„	„	„	9,95	3,45	44,2
28	„	„	„	„	14,48	8,44	39,6
29	Ing. Bertschinger	Wildegg	Oxfordien	E. Bosshard	17,76	7,97	35,9
30	„	„	(Effing. Schicht.)	„	16,33	6,96	39,9
31	„	„	„	A. Contat	15,22	8,25	37,3
32	„	„	„	„	18,25	8,03	36,2

setzung im Anlieferungszustand					In gebranntem Zustand				Bemerkungen
MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$	
Kanton Aargau.									
0,32	1,23	33,91	2,78	100,64	21,29	8,75	67,52	2,25	
0,95	1,78	28,51	4,68	100,02	27,12	13,14	55,68	1,38	
1,00	0,71	37,12	2,00	99,33	13,67	7,05	75,38	3,64	Al_2O_3 = 2,61 %
1,95	1,39	20,25	4,83	98,88	45,30	16,77	31,98	0,51	„ = 9,39 %
0,60	0,20	41,26	2,19	99,62	3,70	2,80	91,40	14,07	„ = 0,50 %
0,71	0,69	38,78	0,97	99,59	11,22	5,46	80,32	4,81	„ = 2,15 %
0,81	0,25	31,20	2,58	99,99	27,35	11,07	59,98	1,56	„ = 5,45 %
1,53	Sp.	23,81	6,06	99,76	36,42	13,99	47,10	0,93	
1,10	3,02	29,90	3,56	101,49	28,18	10,01	55,76	1,46	
1,37	1,87	28,66	3,15	99,68	30,02	13,05	51,71	1,20	
1,74	Sp.	20,78	6,22	100,12	42,95	17,82	36,83	0,61	
0,98	Sp.	36,01	3,88	100,62	12,34	5,07	80,98	4,65	
0,71	Sp.	36,40	4,07	100,02	9,69	2,82	86,33	6,90	
0,78	1,10	37,72	3,22	100,20	6,36	2,40	87,89	10,03	
0,85	Sp.	37,75	3,06	100,66	9,45	3,72	85,40	6,48	
2,01	1,04	25,21	5,07	100,82	40,38	16,07	39,09	0,69	
1,21	Sp.	30,19	3,75	101,45	24,27	9,24	64,70	1,93	
0,48	7,31	26,26	4,36	100,34	32,63	9,17	47,03	1,12	
1,80	3,97	32,19	3,17	100,53	22,92	8,36	59,86	1,91	
1,19	4,93	26,16	5,37	100,65	34,03	11,37	45,75	1,01	
1,43	5,12	26,22	6,65	101,02	27,74	13,09	49,55	1,21	
0,64	1,20	26,75	6,41	97,48	26,56	10,83	56,69	1,52	
0,60	0,74	25,78	5,31	95,46*	21,71	9,98	55,42	1,75	* } Das Material enthält
Sp.	Sp.	28,28	0,74	80,48*	9,31	9,72	53,46	2,81	* } grössere Mengen FeS
1,69	3,12	28,30	7,04	99,55	22,70	9,74	59,43	1,83	
Sp.	Sp.	34,56	3,88	99,02	13,73	7,28	77,40	3,68	
1,27	4,45	33,14	4,02	100,50	15,71	5,44	70,12	3,32	
1,60	2,39	30,79	3,45	100,82	21,74	12,67	59,58	1,73	
1,32	3,58	30,18	3,79	100,59	26,67	11,97	54,04	1,40	
0,37	1,85	32,02	3,36	100,80	24,96	10,63	61,03	1,71	
0,72	2,24	29,72	4,58	98,12	23,16	12,56	56,90	1,59	
1,98	Sp.	28,55	4,78	97,87	27,37	12,04	54,42	1,38	

No.	Einsender	Fundort	Geologisches Alter nach Prof. Heim	Chemiker	Chem. Zusammen		
					SiO_2 %	R_2O_3 %	CaC %
			Kanton Aargau.				
33	Ing. Bertschinger	Wildegg	(Effing. Schicht.)	A. Contat	18,52	7,79	35,3
34	„	„	„	„	15,98	7,18	39,2
35	„	„	„	„	21,31	9,35	32,9
36	„	„	„	„	16,79	6,68	38,6
37	J. Leimgruber	Herznach	Effing. Schicht.	E. Ruhoff	7,90	4,81	45,5
38	„	„	„	„	15,60	6,38	40,5
39	„	„	„	M. Schochor	7,35	3,62	48,0
40	„	„	„	„	11,22	5,32	43,1
41	„	„	„	E. Ruhoff	13,14	6,80	41,97
42	Zai-Kappeler	Turgi	?	„	30,52	13,52	30,15
43	Gemeinderat Frey	Ob. E'dingen	Effing. Schicht.	Prof. Treadwell	24,03	10,26	32,67
44	„	„	„	„	17,60	9,02	37,65
45	„	„	„	G. Epprecht	22,41	9,42	34,39
46	„	„	„	„	22,25	9,19	34,73
47	„	„	„	E. Schmid	7,75	4,55	46,46
48	„	„	„	C. Cramer	22,89	13,13	31,69
			Kanton Bern.				
49	Oberst E. Locher	Liesberg	Oxfordien	Prof. Treadwell	40,50	18,10	15,12
50	„	„	„	„	38,59	19,47	15,44
51	„	„	Rogenkalkstein jurassisch	„	2,50	1,38	53,33
52	Gresly-Oderlin	„	Oxfordien	„	50,24	9,95	18,37
53	„	„	„	„	46,77	9,41	20,05
54	„	„	„	„	44,32	8,45	22,61
55	„	„	„	„	48,08	8,23	21,53
56	„	„	„	„	22,21	4,50	39,93
57	„ [werke	„	„	„	31,48	5,35	33,82
58	v. Roll'sche Eisen-	Choindez	Malm	A. Barbezat	3,45	2,79	51,02
59	Cementfabrik	Reuchenette	Oxfordien	Dr. Heintzel	14,08	4,35	42,91
60	Reuchenette	„	„	„	24,34	8,32	32,28
61	„	„	„	„	25,26	8,35	30,90

setzung im Anlieferungszustand					In gebranntem Zustand				Bemerkungen
MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$	
Kanton Aargau.									
2,11	0,71	27,48	5,51	97,51	27,64	11,62	52,81	1,34	
1,60	Sp.	29,46	5,03	98,49	24,39	10,96	59,89	1,69	
2,37	1,46	25,94	5,52	98,86	31,09	13,64	48,00	1,07	
1,88	Sp.	30,55	3,45	98,00	25,44	10,12	58,56	1,65	
1,38	2,01	36,79	1,87	100,26	12,82	7,81	73,85	3,58	Al_2O_3 = 3,80 %
2,21	1,45	30,72	2,80	99,70	23,47	9,60	60,98	1,81	„ = 3,15 %
0,81	1,64	38,68	—	100,19	11,95	5,88	78,18	4,38	„ = 2,10 %
0,97	1,72	34,99	1,54	98,94	17,68	8,38	68,03	2,61	„ = 3,30 %
0,68	0,76	33,58	2,94	99,87	20,70	10,71	66,12	2,15	„ = 5,53 %
—	0,47	22,15	3,16	100,02	40,86	18,17	40,37	0,68	„ = 2,99 %
0,81	0,26	25,72	4,32	98,07	34,35	14,67	46,70	0,95	„ = 7,69 %
0.88	0,34	29,82	3,33	98,64	26,33	13,49	56,32	1,41	„ = 6,80 %
1,25	—	26,30	5,15	98,92	32,69	13,74	50,17	1,08	„ = 4,13 %
1,28	—	26,16	5,45	99,06	32,53	13,44	50,78	1,10	„ = 5,28 %
3,33	—	36,83	2,54	101,46	12,48	7,32	74,82	3,78	„ = 4,08 %
0,74	0,65	25,16	6,56	100,82	33,13	19,00	45,86	0,88	„ = 11,46 %
Kanton Bern.									
2,51	1,34	11,88	9,73	99,18	51,66	23,09	19,29	0,25	Al_2O_3 = 14,51 %
2,67	1,34	13,62	7,94	99,07	49,19	24,82	19,68	0,26	„ = 15,41 %
0,43	0,73	41,39	0,41	100,17	4,26	2,36	91,52	13,82	„ = Spuren
1,00	0,56	14,43	4,99	99,54	62,35	12,35	22,80	0,31	„ = 9,01 %
1,25	1,75	16,24	4,80	100,27	59,03	11,87	25,30	0,36	„ = 8,09 %
0,84	0,48	17,53	4,35	100,58	56,31	10,73	28,73	0,43	„ = 7,33 %
0,75	0,41	16,74	3,72	99,46	60,45	10,35	27,07	0,38	„ = 7,05 %
0,77	0,65	30,95	1,26	100,27	32,63	6,61	58,66	1,49	„ = 3,61 %
0,66	0,44	26,36	2,02	100,13	43,87	7,45	47,14	0,92	„ = 4,33 %
Sp.	Sp.	40,08	2,10	99,84	5,97	4,82	88,24	8,18	
1,12	0,95	34,03	2,33	99,76	22,12	6,83	67,42	2,33	„ = 2,89 %
2,20	2,28	26,74	3,50	99,66	34,88	11,92	46,27	0,99	„ = 5,88 %
2,16	2,85	26,13	3,93	99,58	36,12	11,93	44,18	0,92	„ = 5,67 %

No.	Einsender	Fundort	Geologisches Alter nach Prof. Heim	Chemiker	Chem. Zusammen-		
					SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %
			Kanton Bern.				
62	Cementfabr.Reuchen.	Reuchenette	Oxfordien	Dr. Heintzel	13,72	5,19	42,44
63	J. Frutiger Oberhof.	Achistein	Hochgebirgskalk (Malm)	W. Sievers	2,74	0,83	51,87
64	„	Keisten	Röthidolomit	„	2,20	1,16	35,40
65	Bürgergem. Lengnau	Lengnau	Eocaene Huperterde	Dr. Forrer	84,95	7,47	2,49
			Kanton Glarus.				
66	Cementfabrik	Mühlehorn	Oberjura	E. Bosshard	12,41	6,20	40,72
67	Käpfnach	„	(Titonstufe)	„	11,36	5,41	43,36
68	M. Zopfi, Schwanden	Mollis	Grenze von	E. Ruhoff	16,77	5,50	42,30
69	„	„	Kreide u. Jura	M. Schochor	26,30	2,74	38,04
70	„	„	„	„	36,34	5,71	29,74
71	„	„	„	„	22,46	5,46	38,93
			Kanton Graubünden.				
72	P. C. Romedi	Fetan	Grundmoräne	E. Ruhoff	47,81	27,28	8,12
73	„	Lavin	„	„	59,75	28,70	2,94
			Kanton Neuenburg.				
74	Gebr. Leuba	Noiraigue	Mittl. brauner	E. Bosshard	21,74	6,25	36,40
75	„	„	Jura (Vesulien)	A. Barbezat	24,46	7,81	31,79
76	„	„	„	„	19,62	8,66	36,16
77	„	„	„	„	24,46	7,13	34,34
78	„	„	„	„	20,02	5,30	37,30
79	„	„	„	„	14,00	4,35	43,45
80	„	„	„	„	7,75	2,65	48,78
81	„	„	„	A. Contat	13,94	7,20	41,37
82	„	„	„	„	16,03	6,16	40,09
83	Cementfabrik	St. Sulpice	Oxfordien	„	6,21	3,23	52,49
84	St. Sulpice	„	„	„	13,24	4,80	44,97
85	„	„	„	„	9,01	3,31	48,43
86	„	„	„	„	27,99	9,07	30,94
87	„	„	„	A. Barbezat	21,23	7,32	34,26

setzung im Anlieferungszustand					In gebranntem Zustand				Bemerkungen
MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$	
Kanton Bern.									
1,16	0,93	33,79	2,69	99,93	21,60	8,17	66,82	2,24	Al_2O_3 = 2,52 %
0,85	—	41,69	1,16	99,14	4,79	1,45	90,76	14,54	
15,27	—	44,61	1,18	99,82	4,06	2,14	65,30	10,53	
0,46	Sp.	0,10	4,51	99,98	89,05	7,83	2,62	0,03	„ = 5,17 %
Kanton Glarus.									
1,39	2,89	32,19	3,06	98,86	19,17	9,58	62,89	2,18	
1,48	3,62	34,92	1,37	101,52	17,42	8,29	66,48	2,58	
0,04	Sp.	33,28	1,19	99,08	25,59	8,39	64,55	1,90	Al_2O_3 = 2,32 %
1,41	—	31,44	—	99,93	38,36	4,00	55,48	1,31	„ = 1,54 %
1,14	1,24	24,62	0,64	99,43	48,62	7,64	39,79	0,68	„ = 3,67 %
0,38	—	30,78	0,77	98,78	32,81	7,98	56,87	1,39	„ = 3,52 %
Kanton Graubünden.									
3,12	—	6,15	4,38	96,86	53,44	30,49	9,08	0,11	Al_2O_3 = 20,51 %
3,39	—	—	3,69	98,47	62,04	29,80	3,05	0,03	„ = 20,19 %
Kanton Neuenburg.									
0,93	5,20	28,78	1,65	100,95	30,83	8,86	51,61	1,30	
0,89	4,11	25,32	5,12	99,50	35,16	11,23	45,70	0,99	
0,57	2,41	28,69	2,08	98,19	28,34	12,51	52,23	1,28	
0,84	3,50	25,40	2,59	98,26	33,97	9,90	47,69	1,36	
0,63	3,89	27,60	5,31	100,05	29,82	7,89	55,56	1,47	
1,09	2,75	30,16	1,99	97,79	20,63	6,41	64,04	2,37	
1,10	1,57	34,78	4,65	101,28	12,53	4,29	78,86	4,67	
1,20	Sp.	25,76	9,63	99,10	21,58	11,15	64,03	1,96	
1,27	2,55	24,28	9,75	100,13	24,25	9,32	60,65	1,81	
Sp.	Sp.	34,66	4,03	100,62	10,02	5,21	84,76	5,56	
Sp.	Sp.	32,63	3,80	99,44	20,83	7,55	70,74	2,49	
Sp.	Sp.	36,17	2,46	99,38	14,68	5,39	78,91	3,93	
1,42	Sp.	24,65	4,15	98,22	39,31	12,74	43,46	0,84	
1,13	4,11	26,59	5,77	100,41	31,19	10,75	50,34	1,20	

No.	Einsender	Fundort	Geologisches Alter nach Prof. Heim	Chemiker	Chem. Zusammen- SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %
			Kanton Schwyz.				
88	J. Hürlimann	Brunnen	Seewerschichten	Prof. Lunge	27,94	1,30	36,19
89	„	„	(Obere Kreide)	„	38,23	2,17	30,62
90	„	„	„	„	32,07	3,70	33,54
91	„	„	„	„	19,25	2,19	42,10
92	„	„	„	„	61,15	5,53	15,28
93	„	„	„	Prof. Treadwell	11,48	6,64	44,44
94	„	„	„	„	14,00	7,89	41,95
95	„	„	„	„	16,17	9,61	40,12
96	„	„	„	„	16,29	9,23	40,29
97	„	„	„	„	19,79	10,14	37,34
98	„	„	„	„	26,83	12,75	30,86
99	„	„	„	„	21,96	11,27	34,05
100	„	„	„	„	25,95	13,35	31,17
101	„	„	„	„	26,91	12,96	30,34
102	„	„	„	„	29,01	12,73	28,69
			Kanton St. Gallen.				
103	Gebr. Zäch	Oberriet	Kreide	Prof. Treadwell	2,17	1,33	53,91
104	„	„	Grundmoräne	„	19,57	3,56	41,48
105	H. Gugolz	Quinten	Oberjura	Prof. Lunge	12,05	4,41	43,11
106	Cementfabrik Wallenstadt	Wallenstadt	(Titonstufe)	A. Contat	16,39	8,59	36,36
107	(Tröger & Cie.)	„	„	„	16,29	8,70	35,81
108	„	„	„	A. Barbezat	5,23	2,08	49,67
109	„	„	„	„	11,97	5,05	42,73
110	„	„	„	„	10,57	3,59	45,31
111	H. Kunkler, Wallenst.	„	„	W. Sievers	3,82	3,51	47,37
112	„	„	„	„	35,67	18,12*	21,29
113	„	„	„	„	33,82	8,17	31,36
114	„	„	„	„	40,00	11,50*	25,30
115	„	„	„	„	4,51	8,13	45,58
116	„	„	„	„	15,97	2,97	43,45

setzung im Anlieferungszustand					In gebranntem Zustand				Bemerkungen
MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$	
Kanton Schwyz.									
1,78	0,44	29,93	2,42	100,00	41,30	1,92	53,06	1,23	Al_2O_3 = 0,57 %
1,18	0,07	24,94	2,79	100,00	52,89	3,01	42,37	0,76	„ = 0,83 %
0,48	—	27,04	3,17	100,00	45,95	5,30	48,06	0,94	„ = 1,73 %
0,45	0,15	33,66	2,20	100,00	30,01	3,41	65,04	1,97	„ = 0,86 %
0,67	0,21	12,50	4,71	100,00	73,86	6,68	18,43	0,23	„ = 3,06 %
0,59	0,36	34,67	1,54	99,72	18,00	10,41	69,67	2,45	„ = 5,11 %
0,85	0,56	32,96	1,39	99,60	21,32	12,02	63,90	1,92	„ = 6,07 %
0,72	0,29	30,73	2,18	99,82	24,10	14,32	59,80	1,56	„ = 7,36 %
1,00	0,20	30,87	1,97	99,85	24,26	13,74	59,99	1,58	„ = 7,52 %
0,99	0,36	28,67	2,85	100,14	28,83	14,78	54,41	1,25	„ = 8,28 %
0,99	0,20	23,43	4,84	99,90	37,40	17,77	43,02	0,78	„ = 10,51 %
0,68	0,34	26,87	4,99	100,16	30,68	16,49	49,86	1,06	„ = 8,97 %
0,89	0,32	23,17	4,56	99,41	35,91	18,47	43,14	0,79	Al_2O_3 = 10,84 %
0,90	0,10	23,26	4,24	98,71	37,12	17,87	41,84	0,76	„ = 10,49 %
0,55	0,21	21,84	4,58	97,61	39,43	17,30	38,99	0,69	„ = 10,19 %
Kanton St. Gallen.									
0,08	0,22	42,09	0,04	99,84	3,75	2,26	93,17	15,50	
1,01	0,39	32,87	1,04	99,92	29,61	5,39	62,77	1,79	
1,24	Sp.	34,59	1,78	98,98*	18,94	6,93	67,75	2,62	* inclus. 1,80 % Fe S_2 Al_2O_3 = 4,17 %
2,94	3,58	30,43	2,72	101,01	24,16	12,65	53,58	1,46	
3,15	1,88	30,09	2,87	98,79	24,30	12,98	54,76	1,47	
1,90	2,72	37,18	2,96	101,74	8,49	3,38	80,67	6,79	
2,24	4,13	28,86	6,73	101,71	18,10	8,26	64,62	2,45	
1,16	1,53	32,86	3,90	98,92	16,71	5,68	71,65	3,20	
3,85	—	40,86	0,52	99,93	6,51	5,98	80,80	6,47	Al_2O_3 = 1,49 %
1,21	—	22,53	0,73	100,05	46,58	23,60	29,21	0,42	* inclus. 7,34 % Fe O Al_2O_3 = 5,07 %
0,74	—	25,36	0,55	100,00	45,65	11,03	42,33	0,75	Al_2O_3 = 2,36 %
1,15	—	21,65	0,38	99,98	51,30	14,75	32,45	0,49	* inclus. 1,60 % Fe O Al_2O_3 = 4,59 %
1,40	—	37,36	2,06	99,04	7,44	13,42	75,24	3,61	„ = 4,81 %
1,14	—	35,04	0,79	99,36	24,89	4,63	67,71	2,30	„ = 1,28 %

No.	Einsender	Fundort	Geologisches Alter nach Prof. Heim	Chemiker	Chem. Zusammen-		
					SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %
			Kanton Thurgau.				
117	C. Eder	Bischofszell	?	Prof. Treadwell	26,20	7,94	26,97
			Kanton Unterwalden.				
118	A. Schwarz	Beggenried	Grenze von	E. Bosshard	14,43	7,89	40,08
119	„	„	Kreide u. Eocaen	„	20,92	9,04	36,50
120	„	„	„	„	20,62	15,11	32,86
121	„	„	„	„	24,44	10,54	34,57
122	Sevestre & Cie.	„	„	A. Contat	18,54	9,43	38,69
123	„	„	„	„	18,37	10,20	38,72
124	„	„	„	A. Barbezat	18,32	10,05	39,57
125	„	„	„	„	18,44	9,98	38,70
126	„	„	„	„	20,98	7,94	39,00
127	„	„	„	„	18,05	8,36	37,72
128	Cementfabr. Rotzloch	Rotzloch	Untere Kreide	Prof. Lunge	14,71	5,22	42,69
129	„	„	„	L. Marchlewsky	66,84	15,98	6,21
130	„	„	„	„	40,29	15,75	22,00
			Kanton Waadt.				
131	Dalstein & Cie.	Vallorbes	Oxfordien	Prof. Treadwell	5,85	2,47	50,62
132	„	„	„	„	9,91	3,88	46,32
133	„	„	„	„	13,18	5,36	43,08
134	„	„	„	„	10,34	5,02	45,14
135	Chamorel und Southwell, Lausanne.	Agiez (Orbe)	Urgonien Oolith. erd. Kalkst. (Kreidef.) jurass.	Prof. Lunge	0,24	0,60	55,36
			Kanton Wallis.				
136	Grenier, sen.	St. Gingolf	Unterer Lias	Dr. Barbieri	6,83	5,27	45,14
137	„	„	„	„	4,36	5,22	36,78

setzung im Anlieferungszustand					In gebranntem Zustand				Bemerkungen
MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summa	SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$	
Kanton Thurgau.									
7,97	Sp.	27,36	3,28	99,72	37,36	11,45	38,98	0,79	
Kanton Unterwalden.									
1,26	3,77	32,63	1,65	101,71	21,40	11,70	59,44	1,79	
1,13	2,11	27,72	2,02	99,44	29,73	12,85	51,88	1,22	
0,52	1,83	28,02	1,99	100,95	29,07	21,30	46,32	0,92	
0,61	2,01	24,74	3,36	100,27	33,86	14,60	47,89	0,99	
1,13	1,53	25,07	6,98	101,32	26,75	13,60	55,82	1,38	
1,16	Sp.	28,51	3,35	100,31	26,83	14,90	56,57	1,35	
0,78	1,55	29,25	3,04	102,56	26,07	14,30	56,53	1,40	
Sp.	0,50	28,52	3,75	99,87	27,23	14,73	57,14	1,36	
),63	Sp.	28,11	3,69	100,35	30,61	11,58	56,89	1,35	
1,31	1,49	28,07	4,16	99,16	26,63	12,34	55,66	1,43	
,48	Sp.	33,72	2,06	99,79	22,92	8,13	66,47	2,14	
),78	—	5,74	3,73	99,28	73,83	17,63	6,86	0,08	Al_2O_3 = 11,43 %
0,78	0,44	17,39	3,43	100,08	50,83	19,88	27,75	0,39	„ = 12,48 %
Kanton Waadt.									
Sp.	0,48	38,92	1,62	99,96	9,84	4,15	85,15	6,09	Al_2O_3 = 0,85 %
1,23	0,44	36,09	2,27	100,14	16,05	6,27	74,99	3,36	„ = 2,83 %
1,46	0,61	32,95	3,04	99,68	20,59	8,37	67,30	2,32	„ = 4,28 %
1,62	0,61	35,27	2,56	100,56	16,48	8,00	71,96	2,94	„ = 3,99 %
—	—	43,87	0,06	100,13	0,43	1,07	98,50	65,67	
Kanton Wallis.									
2,03	1,07	37,69	0,72	98,75	11,09	8,56	73,30	3,73	
11,84	—	41,91	0,31	100,42	7,49	8,97	63,20	3,84	

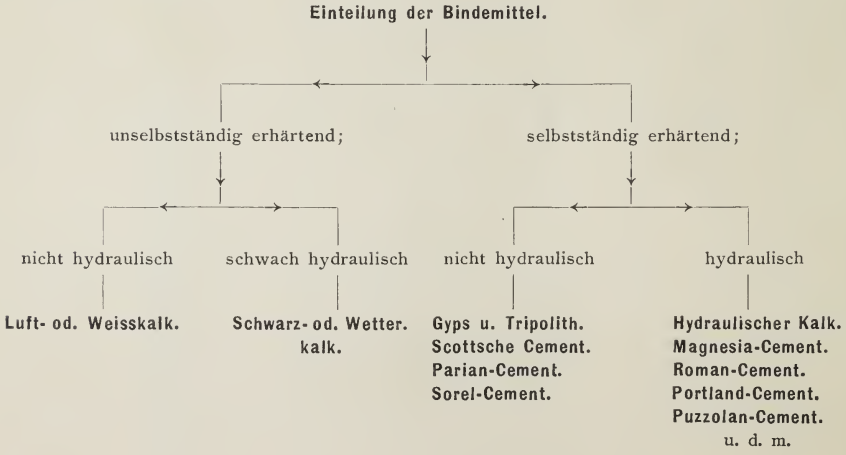
No.	Einsender	Fundort	Geologisches Alter nach Prof. Heim	Chemiker	Chem. Zusammen-		
					SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %
			Kanton Zürich.				
138	J. Moos	Lufingen	?	Dr. Heintzel	20,65	7,58	27,95
139	„	„	?	„	11,16	3,43	31,70
140	„	„	?	„	16,34	5,30	28,54
141	„	„	?	„	38,83	18,13	12,79
142	Cementfabrik	Käpfnach	Obermiocaen	—	18,79	7,27	27,31
			Mergel unbekannter Provenienz.				
143	Gebr. Tschopp,	?	?	E. Ruhoff	7,87	9,83	34,66
144	Basel	?	?	„	55,28	22,32	2,40
145	„	?	?	„	46,06	19,37	13,25
146	J. Spörri	?	?	?	14,90	7,35	40,49
147	Prof. Becker, Zürich	?	?	A. Gygi	11,30	2,23	46,20

setzung im Anlieferungszustand					In gebranntem Zustand				Bemerkungen
MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	R_2O_3 %	CaO %	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$	
					Kanton Zürich.				
9,81	0,19	32,41	1,04	99,63	31,03	11,39	41,99	0,99	Al_2O_3 = 4,65 %
13,27	0,19	39,26	0,84	99,85	18,63	5,73	52,92	2,17	„ = 2,34 %
12,21	0,22	35,65	1,35	99,61	25,94	8,41	45,30	1,32	„ = 3,92 %
8,42	0,10	19,17	1,25	98,69	48,79	22,79	16,07	0,22	„ = 12,85 %
12,01	Sp.	30,56	4,17	100,11	28,72	11,12	41,77	1,05	
					Mergel unbekannter Provenienz.				
6,49	—	34,33	6,88	100,06	13,37	16,70	58,90	1,96	Al_2O_3 = 7,70 %
3,26	—	1,89	9,18	94,33	62,16	25,10	2,70	0,03	„ = 16,16 %
1,61	—	9,79	5,80	95,88	54,57	22,95	15,70	0,20	„ = 13,68 %
0,21	1,24	31,48	4,15	99,82	23,23	11,46	63,37	1,83	
1,20	—	37,62	1,45	100,00	18,55	3,66	75,82	3,41	

II. Die hydraulischen Bindemittel.

1. Einheitliche Klassifikation und Benennung der Bindemittel überhaupt.

Wir klassifizieren die dermalen technisch verwerteten Bindemittel je nach ihrer Fähigkeit, mit Wasser angemacht, bei gewöhnlicher Temperatur auch unter Luftabschluss, also *selbstständig* oder blos unter freiem Zutritte der atmosphärischen Kohlensäure, also blos bedingungsweise d. h. *unselbstständig* zu erhärten und zu versteinern. Hierbei kann ein Bindemittel in Wasser *löslich* oder *unlöslich* also *hydraulisch* sein; vergleiche die folgende graphische Klassifikation der Bindemittel. Es ist fast überflüssig zu bemerken, dass eine scharfe Gliederung der Gruppen, sowie der Spezies ein und derselben Gruppe nicht durchführbar ist, indem zahlreiche Übergänge bestehen und es Bindemittel als Übergangstypen giebt, die ohne Verstoss bald in die eine bald in die andere Gruppe der Bindemittel eingereiht werden könnten.



2. Nähere Bezeichnung hydraul. Bindemittel.

a. Hydraulische Kalke.

Hydraulische Kalke sind Erzeugnisse, welche durch Brennen von Kalkmergeln oder Kieselkalken gewonnen werden und mit Wasser benetzt, sich ohne erhebliche Volumenveränderung ganz oder teilweise zu Pulver löschen.

Nach örtlichen Verhälltnissen werden hydraulische Kalke in Stückform oder hydratisiert, in Pulverform, in den Handel gebracht.

Erläuterungen.

Vor eintretender Verschlackung der Oberfläche gar gebrannte Kalkmergel oder Kieselkalke, die beim Löschen unter mässiger Wärmeentwicklung und mässigem Gedeihen teilweise oder ganz zu Pulver zerfallen, liefern *hydraulische Kalke.*

Beim Ablöschen des gebrannten Materials wird der freie Aetzkalk in pulverförmiges Kalkhydrat verwandelt, welchem je nach chemisch-physikalischer Beschaffenheit des Rohmaterials und Ausfall des Brandes auch die Hydraulefactoren ganz oder teilweise beigemengt sein können. Häufig bleibt ein Teil der letzteren in gröberen Stücken zurück, die sodann für sich oder gemeinsam mit dem zerfallenen Materiale auf geeigneten Mahlvorrichtungen zerkleinert werden müssen.

Hydraulischer Kalk, der beim Ablöschen bloss teilweise in Pulver zerfällt, sollte in Stückform nicht in den Handel gebracht werden.

Der pulverförmige hydraulische Kalk ist erdig-körnig, hell gelblich mit Uebergängen ins Graue. Angemacht erwärmt sich der hydraulische Kalk nicht; er bindet stets langsam, oft erst nach Ablauf von 24 und mehr Stunden ab und besitzt die Eigenschaft, bei mit der Zeit wachsender Festigkeit luft- und wasserbeständig zu sein. Das spezifische Gewicht des hydraulischen Kalkes liegt meistens unter 2,9; sein Glühverlust steigt in der Regel über 8 %.

Hydraulischer Kalk kann zu langsam fortschreitenden Luft- und Wasserbauten, die keine hohe Anfangsfestigkeit erfordern, verwendet werden. Zu Wasserbauten eignet sich hydraulischer Kalk insbesondere dann, wenn der Einwirkung des Wassers eine angemessen lange Lufterhärtung vorausgeht.

b. Romancemente.

Romancemente sind Erzeugnisse, welche aus thonreichen Mergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Netzung mit Wasser sich nicht löschen, daher durch mechanische Zerkleinerung in Pulverform gebracht werden müssen.

Erläuterungen.

Vor eintretender Sinterung, beziehungsweise vor eintretender Verschlackung gar gebrannte Kalkmergel bestimmter chemisch-physikalischer Beschaffenheit geben *Romancemente.* Der Einwirkung der Atmosphärilien ausgesetzt oder mit Wasser benetzt, zerfällt das gebrannte Material erst nach längerer Lagerung und dann nur teilweise, muss daher stets auf geeigneten Mahlvorrichtungen zerkleinert werden. Das Mahlgut ist erdig-körnig; die Farbe gelblich mit Abstufungen ins Rötlichbraune. Angemacht erwärmt sich der Romancement je nach Beschaffenheit des Rohmaterials, Behandlung der gebrannten Steine, Dauer der Lagerung u. dergl. m. sehr verschieden. Ebenso variiren seine Abbindeverhältnisse; in den meisten Fällen beginnt die Erhärtung der Romancemente schon nach wenigen Minuten.

Romancemente müssen an der Luft, wie unter Wasser volumenbeständig sein, sie dürfen weder treiben noch zerfallen. Das spezifische Gewicht der Romancemente variirt und steigt nur ausnahmsweise über 3,0, der Glühverlust selten über 5 %.

Romancemente finden überall Verwendung, wo es sich um Dichten, Trockenlegen und rasche Formgebung, in 2. Linie um Festigkeit handelt.

c. Portlandcemente.

Portlandcemente sind Erzeugnisse, welche aus Kalkmergeln oder künstlichen Mischungen thon- und kalkhaltiger Materialien durch Brennen bis zur Sinterung und darauffolgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen werden.

Erläuterungen.

Bei eintretender Sinterung gar gebrannte Kalkmergel bestimmter, chemisch-physikalischer Beschaffenheit oder künstliche Mischungen thon- und kalkhaltiger Materialien geben Portlandcement.

Cemente dieser Kategorie, welche ohne weitere Aufbereitung des Rohmaterials, also direkt durch Brennen geeigneter Kalkmergel erzeugt werden, nennt man *natürliche Portlandcemente.* Sie untercheiden sich in so ferne von den s. g. *künstlichen Portlandcementen,* als bei diesen das Rohmaterial in entsprechend zerkleinertem Zustande einem künstlichen Mischprozesse unterworfen wird.

Unter Einwirkung der Atmosphärilien oder direkt mit Wasser benetzt, zerfällt das Ofengut normaler Zusammensetzung nicht; dasselbe muss daher stets auf geeigneten Mahlvorrichtungen zerkleinert werden. Das Mahlgut ist ausgesprochen scharfkörnig, grau mit Uebergängen ins Grüne. Angemacht erwärmt sich der Portlandcement meist nur unbedeutend, bindet nach Umständen rasch oder langsam ab und soll bei hervorragender, mit der Zeit wachsender Selbst- und Sandfestigkeit an der Luft, wie unter Wasser dauernd volumenbeständig sein.

Das spezifische Gewicht des scharf gesinterten Portlandcements beträgt in der Regel mehr als 3,10, sein Glühverlust liegt meist unter 2 %. Portlandcemente von schwachem Garbrand oder ermahlen aus längere Zeit gelagerten oder aus hydratisierten Klinkern, besitzen bei einem bis 4 % steigenden Glühverlust ein spezifisches Gewicht von unter 3,10.

Zur Regulierung technisch wichtiger Eigenschaften der Portlandcemente ist ein Zusatz fremder Stoffe bis zu 2 % des Gewichtes ohne Aenderung des Namens zulässig.

Portlandcemente sind zu allen Bauten unter Wasser oder in feuchter Atmosphäre, insbesondere aber bei solchen Konstruktionen zu verwenden, die eine möglichst hohe Anfangsenergie, Frostfestigkeit in der ersten Phase der Erhärtung oder Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnützung fordern. Bei Wasserbauten ist wo immer möglich dafür zu sorgen, dass der Portlandcement abgebunden sei, bevor derselbe der Einwirkung des Wassers ausgesetzt wird. Umgekehrt ist bei Luftbauten ein gleichmässiges Feuchthalten der Konstruktion in der ersten Periode der Erhärtung des Portlandcementes nötig, daher stets anzustreben.

d. Hydraulische Zuschläge (Puzzolanen).

Hydraulische Zuschläge sind künstliche oder natürliche Stoffe, welche nur ausnahmsweise selbständig, stets in Verbindung mit Aetzkalk hydraulisch erhärten.

e. Puzzolancemente.

Puzzolancemente sind Erzeugnisse, welche durch innigste Mischung pulverförmiger Kalkhydrate mit staubfein zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen (Puzzolanen im Allgemeinen) gewonnen werden.

Erläuterungen.

Gemenge staubfein zerkleinerter hydraulischer Zuschläge mit pulverförmigem Kalkhydrat, können hydraulische Mörtelbildner geben, welche je nach Beschaffenheit des Zuschlagmaterials, die technisch wichtigen Eigenschaften der geschätztesten Cemente zu erreichen vermögen.

Cemente dieser Kategorie sind unter Angabe des verwendeten Grundstoffs, also z. B. als „*Schlackencement, Trasscement etc.*“ zu bezeichnen.

Entsprechend fabrizierte Puzzolancemente verlieren die sandig-erdige Beschaffenheit ihrer Komponenten; sie werden mehlig weich. Die Naturfarbe der Puzzolancemente entspricht der Farbe des verwendeten hydraulischen Zuschlages. Angemacht erwärmen sich Puzzolancemente nicht und binden in der Regel langsam ab. Richtig fabrizierte Puzzolancemente treiben nicht, sie besitzen dagegen die Neigung zu Trocken- oder Schwindungsrissen.

Die Schlackencemente, als die einzige, derzeit fabriksmässig erzeugte Spezies der Puzzolancemente sind zu allen langsam fortschreitenden Arbeiten unter Wasser oder in feuchter Atmosphäre brauchbar, welche keine besonders hohe Anfangsfestigkeit des Bindemittels fordern. Aehnlich dem Trassmörtel eignen sich gute Schlackencemente infolge der geringfügigen Schlammbildung insbesondere zur direkten Bétonage in Wasser. An der Luft werden sie in der Regel stark schwindrissig und verlieren an Kraft. Zu Konstruktionen an der Luft, die der mechanischen Abnützung unterworfen sind, sind Schlackencemente im Allgemeinen nicht geeignet.

Das spezif. Gewicht der Schlackencemente liegt meist unter 2,8; der Glühverlust schwankt zwischen 4 und 10 %.

f. Gemischte Cemente.

Gemischte Cemente sind Erzeugnisse, welche durch innigste Mischung fertiger Cemente mit geeigneten Zuschlägen gewonnen werden.

Erläuterungen.

Zur Steigerung der Geschmeidigkeit, der Adhäsion, der Wasserundurchlässigkeit, der Sandkapazität, beziehungsweise zur fabriksmässigen Darstellung zuverlässiger, qualitativ ausreichender, wohlfeiler Bindemittel für spezielle Zwecke, können fertigen Cementen irgend welcher Art nachträglich fremde, zweckentsprechende Stoffe zugemischt werden.

Bindemittel dieser Kategorie sind nach dem Grundstoffe unter Angabe der Gattung des Zuschlags ausdrücklich als *gemischte Cemente* zu benennen und zu fakturieren,

3. Methoden der Untersuchung der hydraulischen Bindemittel.

a. Methoden der Analyse hydraulischer Bindemittel.

Die hydraulischen Bindemittel: Hydraulischer Kalk, Romancement, Portlandcement und Schlackencement lassen sich sämtlich durch Behandlung mit conc. Salzsäure aufschliessen. Die fernere Analyse folgt bei den drei erstgenannten dem bei der Analyse von Rohmaterialien beschriebenen Verfahren. Die Analyse des Schlackencementes ist im Grossen und Ganzen diejenige der Hochofenschlacken, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass der Schlackencement durch Zusatz von Kalk zur Schlacke entstanden ist, also in den meisten Fällen einen Gehalt an Kohlensäure aufweisen wird, deren Bestimmung neben Calciumsulfid eine besondere Behandlung erfordert.

σ. Analyse von hydr. Kalk, Romancement und Portlandcement.

Es werden *Glühverlust, Kohlensäure, Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Schwefelsäure und Alkalien* nach den bei der Analyse der Rohmaterialien unter β. γ. ε. ζ. und η. beschriebenen Methoden bestimmt, wobei für Kohlensäure, Schwefelsäure und Alkalien besondere Proben abzuwiegen sind. Für die übrigen Bestandteile wird eine Probe wie folgt vorbereitet. Nach Bestimmung des Glühverlustes bringt man die Substanz in eine Porzellanschale, übergiesst mit conc. Salzsäure, dampft auf dem Wasserbad zur Trockne, erhitzt dann im Trockenschrank auf 120°, befeuchtet mit Salzsäure, scheidet dann die Kieselsäure ab und benutzt das Filtrat für die übrigen Bestimmungen.

β. Analyse von Schlackencement.

Im Schlackencement werden bestimmt:
Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxydul und Eisenoxyd, Manganoxydul, Kalk, Magnesia, Alkalien, Schwefelsäure, Sulfidschwefel nach den bei der Analyse der Rohmaterialien unter ε. ζ. η. μ. ν. ο. beschriebenen Methoden.

Bei der *direkten Wasserbestimmung* (a. a. O. : λ) muss der Kohlensäuregehalt berücksichtigt werden, indem man das Absorptionsrohr mit karbonisiertem (mit Kohlensäure gesättigtem) Chlorcalcium beschickt.

Die *Bestimmung der Kohlensäure* unter Zurückhaltung der Schwefelverbindungen kann auf zwei Arten ausgeführt werden:

α. Man verbindet sie mit der Wasserbestimmung, indem man nach dem Chlorcalciumrohr ein Natronkalkrohr oder einen Kaliapparat anhängt. Durch das im Verbrennungsrohre enthaltene Bleisuperoxyd werden die Schwefelverbindungen zurückgehalten.

β. Man bestimmt die Kohlensäure im Apparate von Fresenius-Classen. Zur Zurückhaltung des entwickelten Schwefelwasserstoffes übergiesst man entweder vor dem Zutreten der Säure die Substanz mit der Lösung eines nicht flüchtigen Kupfersalzes oder man schaltet vor den Trockenröhren ein U=Rohr ein, das mit Kupfersulfat getränkte Bimsteinstückchen enthält. Im erstern Fall wird der Schwefelwasserstoff gleich beim Entstehen als Kupfersulfid niedergeschlagen, im 2. Fall in der erwähnten Röhre zurückgehalten.

b. Farbe und Struktur.

Die Farbe des pulverförmigen Bindemittels wird durch Besichtigung mit unbewaffnetem Auge bestimmt. Bei einiger Übung fällt es nicht schwer selbst feinere Abstufungen der Farbentöne zu unterscheiden und zu bezeichnen; so z. B. beim Portlandcement, der bald »grau, normal«, bald »grau mit Stich ins Grüne« oder »mit Stich ins Gelbe« bezeichnet werden muss.

Die hydraul. Bindemittel sind bald *farbenecht,* bald künstlich *gefärbt.* Um ein hydraul. Bindemittel auf Farbenechtheit zu prüfen, fülle man einen Glascylinder mit Wasser oder Alkohol zur Hälfte auf, schütte in diesen sodann allmälig ca. 150 *gr* des zu prüfenden Bindemittels, schüttle das Gemenge einige Zeit kräftig durch und lasse absitzen. Der spezifisch leichtere Farbstoff wird sodann von der übrigen Masse getrennt diese decken bezw. auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmen. Etwelche Brenn-

stoffrückstände, Asche etc. werden auf die beschriebene Weise vom Bindemittel ebenfalls abgeschieden. Man wird indessen je nach der Menge der Abscheidung nicht im Zweifel sein können, ob man es mit einem Farbkörper oder mit wirklichen Brennstoffrückständen zu thun hat.

Anfänglich wurden die Strukturverhältnisse der hydraul. Bindemittel mikroskopisch an kleinen, mit absolutem Alkohol angemachten Proben ermittelt. Das betretene Verfahren wird nun mehr blos ausnahmsweise benützt: die Erfahrung hat gezeigt, dass kennzeichnende Unterschiede, Unterschiede der Form, der Oberflächenbeschaffenheit, der Farbe und Durchsichtigkeit von einer Bindemittelgattung zur andern überhaupt nicht bestehen.

c. Nachweis fremder Zuschläge.

Fremdartige Zuschläge kommen der Hauptsache nach blos in Portlandcementen vor, die als *gemischte Portlandcemente* zu bezeichnen wären. In der Schweiz wurden solche Cemente als »Portlandcement II. Qualität« in den Handel gebracht.

Als Zuschläge zu Portland-Cementen wurden genannt:
Kalksteinmehl; gemahlener Thonschiefer; Hochofenschlackenmehl; hydraul. Kalk (Schwarzkalk, trocken gelöscht); Trass u. d. m.

Zur Charakteristik der Zuschläge zu Portlandcement haben die Herren *R.* und *W. Fresenius* folgende Bestimmungen angegeben:

α. Das spezifische Gewicht. Über die Methoden der spezif. Gewichtsbestimmung vergl. den Abschnitt »*Bestimmung der Gewichtsverhältnisse hydraul. Bindemittel*«.

β. Der Glühverlust. Der Glühverlust soll durch Glühen von 2 *gr* Substanz im Platintiegel über einfachem Bunsenbrenner mit Schornstein bestimmt werden. Nach 20 Minuten langem Glühen soll das Gewicht konstant sein.

Spezifische Gewichte und Glühverluste werden in der eidg. Festigkeitsanstalt seit 1882 bestimmt. Für letztere beträgt die Einwage 2,0—3,0 *gr*; dieselbe wird im Platintiegel über einem Bunsenbrenner mit Schornstein 10 Minuten lang vorgeglüht, hierauf über einer Gebläseflamme 15 Minuten lang fertig geglüht.

γ. *Alkalinität der Lösung.* 1,0 *gr* der fein gepulverten Substanz (das 5000 bezw. 4900ter Maschensieb passierend) wird mit 100 *cc* destilliertem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur 10 Minuten lang geschüttelt und 50 *cc* des Filtrats mit $^1/_{10}$ Normal-Salzsäure titriert.

δ. *Verbrauch an* $^1/_{10}$ *Normal-Salzsäure.* 1,0 *gr* der fein gepulverten Substanz (wie zuvor) wird mit einer Mischung von 30 *cc* Normal-Salzsäure auf 70 *cc* Wasser 10 Minuten lang unter Umschütteln behandelt, 50 *cc* des Filtrats mit Normal-Natron zurück titriert.

ε. *Verbrauch an Kaliumpermanganat* ($KMnO_4$). 1,0 *gr* der fein gepulverten Substanz (wie zuvor) wird mit ca. 150 *cc* Mischung von 1 Teil verdünnter Schwefelsäure (mit 1,12 spez. Gewicht) und 2 Teile Wasser behandelt und in die Flüssigkeit eine Kaliumpermanganatlösung von bekanntem Wirkungsgrad bis zur bleibenden Rotfärbung eingetröpfelt und der Verbrauch an Kaliumpermanganat festgestellt.

ζ. *Verbrauch an Kohlensäure* (CO_2). 3,0 *gr* der fein gepulverten Substanz (wie zuvor) werden in gewogenem Glasrohre bis zur Gewichtskonstanz (ca. 2 Stunden) einem Strom von trockener Kohlensäure ausgesetzt. Das Glasrohr enthält, um Wasserverlust zu verhindern, am Ausgange zwischen 2 Asbestpfropfen eine Chlorcalciumschicht. Als Gewichtsdifferenz wird die absorbierte Kohlensäuremenge festgestellt.

d. Bestimmung der Gewichtsverhältnisse hydraulischer Bindemittel.

Hier fallen in Betracht:

α. Das absolute spezifische Gewicht.

(Spezifisches Gewicht ohne Poren).

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichts kommen zur Anwendung:

Dünnwandige Pyknometer;
Michaëlis-Schumanns Volumometer;
F. M. Meyers Volumometer; neuester Zeit auch
Dr. Erdmenger-Mann's Volumometer.

Pyknometer werden nur ausnahmsweise verwendet; ebenso das eine, zur Zeit im Besitze der Anstalt befindliche *Meyer*'sche Volumometer.

Das *Michaëlis-Schumann*'sche Volumometer ist eine Nachbildung des Michaëlis'schen, in Fig. 3 abgebildeten Volumometers mit metallenem Gefäss bestimmten Inhalts. Der von Schumann angegebene, in Fig. 4 abgebildete Apparat besteht aus einem gläsernen Gefäss (Kolben) und einem, in den Hals desselben sorgfältig eingeschliffenen und in $^1/_{10}$ *cc* geteilten Glasrohre mit trichterförmige Ende. Der Apparat wird in der in Fig. 4 abgebildeten Art zusammengestellt, also das graduirte Rohr in den Kolbenhals angemessen kräftig eingedreht und mit Terpentinöl über den Nullpunkt gefüllt, sodann mit einem Kork geschlossen versuchsbereit gehalten.

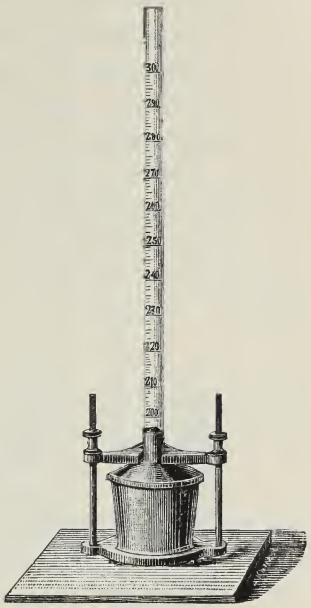


Fig. 3.

Vor jedem Versuch liest man am untern Meniskus den Stand der Terpentinsäule im Rohre ab, lässt sodann vorsichtig 80—100 *gr* des zu prüfenden Bindemittels durch das Rohr in das Gefäss hinabgleiten, spühlt etwa anhaftende Partikelchen herunter, schliesst das Rohr mit dem Korkpfropf wieder ab, lässt absitzen und liest so bald wie möglich den neuen Stand der Terpentinsäule ab. Die Differenz der Ablesungen giebt *V* in *cc* das Volumen des eingefüllten Bindemittels, somit ist

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

wo *G* in *gr* das Gewicht der Probe

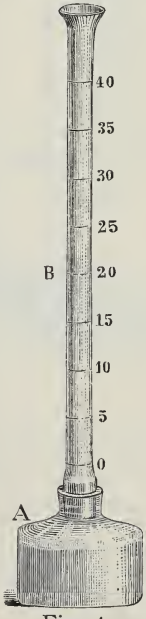


Fig. 4.

bedeutet, das gesuchte spezifische Gewicht des Bindemittels. Bei der Ausführung des Versuches ist darauf zu achten,

dass das *Bindemittel, der Apparat und das verwendete Terpentinöl gleiche Temperatur* haben, welche ca. 15° C. betragen soll (angenähert die Luft-Temperatur bei Gradierung der Messröhre);

dass während *des Einbringens* des Bindemittels weder ein Substanz noch ein Ölverlust eintritt;

dass das *Rohr beim Einfüllen* sich nicht verstopft. Sollte eine kleine Menge hängen bleiben, so löse man diese durch leichtes Aufklopfen ab.

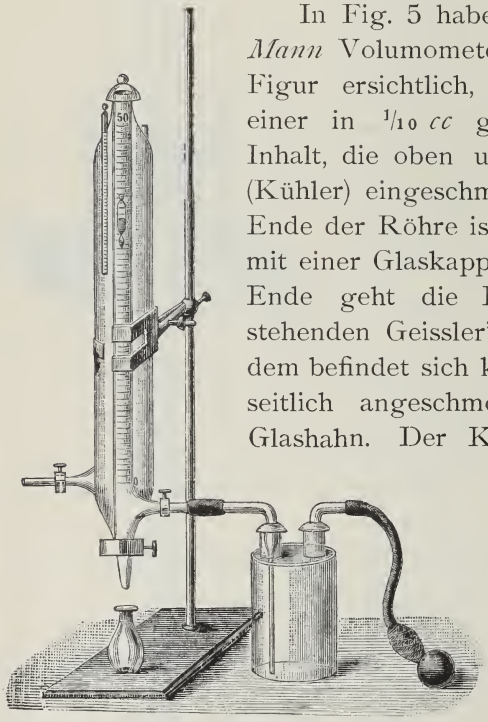


Fig. 5.

In Fig. 5 haben wir das *Dr. Erdmenger-Mann* Volumometer abgebildet. Wie aus der Figur ersichtlich, besteht der Apparat aus einer in $^1/_{10}$ *cc* geteilten Röhre von 50 *cc* Inhalt, die oben und unten in einen Mantel (Kühler) eingeschmolzen ist; das obere offene Ende der Röhre ist zur Abhaltung von Staub mit einer Glaskappe lose bedeckt; am unteren Ende geht die Röhre in einen senkrecht stehenden Geissler'schen Hahn über; ausserdem befindet sich kurz über dem Ausflusshahn seitlich angeschmolzen ein Zuflussrohr mit Glashahn. Der Kühler hat oben zwei Öffnungen, die eine zum Entweichen bezw. Eintreten der Luft beim Füllen oder Ablassen des Wassers desselben; durch die zweite Öffnung kann ein kleines Thermometer geführt werden, um die

*) Das spezifische Gewicht definiert als das Gewicht der Kubikeinheit ist variabel für jeden Punkt der Erdoberfläche und nicht zu verwechseln mit der Dichte, die eine, für jeden Punkt der Erdoberfläche konstante, unbenannte Zahl bedeutet, und als Verhältnis des Körpergewichts zum Gewichte des Wassers von gleichem Volumen bei 4° C. ausgedrückt wird. Unter Vernachlässigung der Einflüsse der Abplattung der Erde und bei entsprechender Wahl der Gewichts- und Masseinheiten, werden die absoluten spezifischen Gewichte und die Dichten durch die gleichen Zahlenwerte ausgedrückt.

Temperatur des Kühlwassers stetig zu beobachten. Zum Füllen bezw. Ablassen des Wassers dient ein unten am Kühler an einem seitlich angeschmolzenen Rohre angebrachter weiterer Geissler'scher Glashahn. Am Kühler seitlich angebracht erscheint das Zuflussrohr der Messröhre; dasselbe ist durch eine kurze Kautschukverbindung mit einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre verbunden, die mit eingeschliffenem Glasstopfen auf dem einen Hals einer Woulff'schen Flasche sitzt und bis auf den Boden der Flasche reicht; der zweite Hals der Woulff'schen Flasche, mit einer kurzen, rechtwinklig gebogenen Glasröhre mit eingeschliffenem Stopfen verschlossen, steht mit einem Gummidruckballon in Verbindung; der Inhalt der Woulff'schen Flasche beträgt ca. 1 Liter.

Der vertikal stehende Kühler wird getragen durch eine Klammer an eisernem Stativ; zur genaueren Ablesung befindet sich in der Röhre ein Schwimmer.

Die eigentliche Bestimmung wird ausgeführt in kleinen, möglichst engen und kurzhalsigen, aus starkem Glase gefertigten Kölbchen von 50 *cc* Inhalt, die während des Versuches in ein Gefäss mit Wasser gestellt werden, dessen Temperatur die gleiche ist, wie die des Kühlers. Als Flüssigkeit wird ebenfalls Terpentinöl angewendet.

Vor der Ausführung des Versuchs wird der mit Terpentinöl gefüllte Apparat sowie das Messkölbchen auf gleiche Temperatur, auf ca. 15° C. gebracht, bei welcher Temperatur die Messgefässe angeblich graduiert worden sind. Es werden nun ca. 40 *gr* der zu prüfenden Substanz genau abgewogen und das Niveau der Flüssigkeitssäule auf 50 *cc* gestellt, Man lässt hierauf ca. 20 *cc* Terpentinöl aus der Röhre in das Messkölbchen fliessen, und bringt in dasselbe vorsichtig die abgewogene Menge der Substanz, am besten mittelst eines kleinen Trichters, ein. Die Substanz wird auf diese Weise schneller mit der Flüssigkeit benetzt, und die mitgerissene Luft rascher ausgestossen, was durch vorsichtiges Umschwenken des Kolbens vollkommen erreicht werden kann. Unmittelbar nachdem die Flüssigkeit bis zur Marke ins Messkölbchen zugelassen wurde, ist der Stand der Flüssigkeitssäule im Rohre abzulesen. Das Volumen des im Rohre zurückgebliebenen Terpentinöl entspricht *V*, dem Volumen der ein-

gewogenen Probe. Als Quotient aus dem Gewichte der Probe in *gr* und dem Volumen in *cc* resultiert nach wie vor das gesuchte spezifische Gewicht.

β. Die Volumengewichte.
(Spezifisches Gewicht mit Poren).

Als Volumen- oder Litergewichte hydraulischer Bindemittel fallen in Betracht:

diejenigen *im Anlieferungszustande,*
» *bei loser Anlagerung der kleinsten Teilchen,*
» *bei innigster Berührung derselben.*

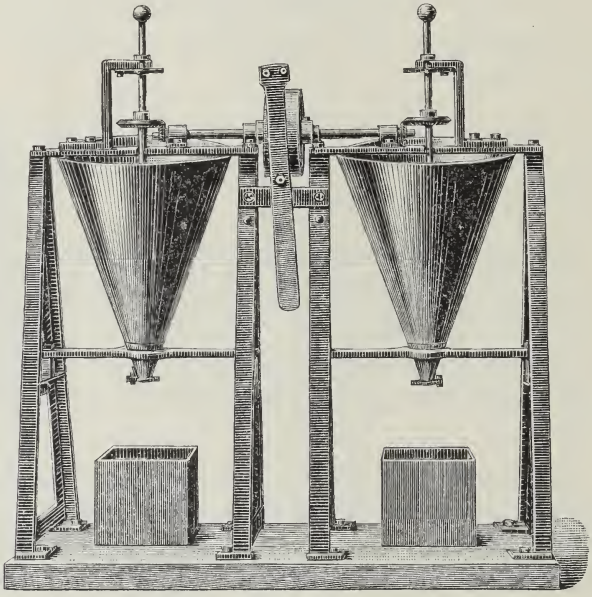
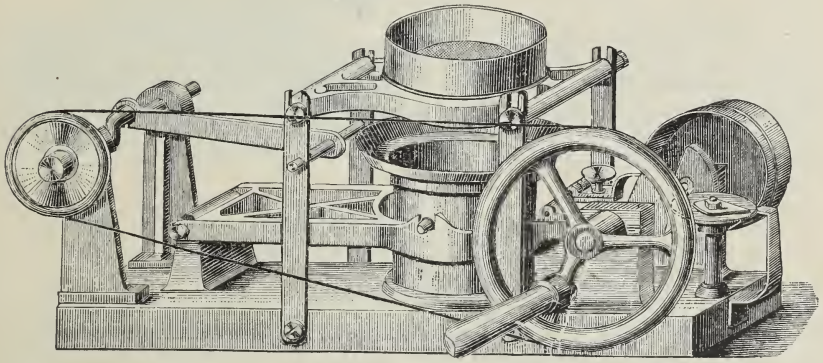


Fig. 6.

Zur Bestimmung des erstern, also des *Volumengewichts im Anlieferungszustande* (δ_1; *kg* pro Liter) wird je nach Menge des verfügbaren Materials ein Blechgefäss von 3,61 Liter oder ein solches mit 33,2 Liter Fassungsraum benutzt. Ohne das Material aufzurütteln, wird dasselbe löffelweise aus der Originalverpackung geschöpft und das Messgefäss allmälig strichgerecht gefüllt, abgestrichen und gewogen. Aus dem Wägungsergebnis, dem Gefässgewicht und Fassungsraum ermittelt man ohne weiteres den Wert δ_1.

Die Bestimmung *des Volumengewichts bei loser Anlagerung* der Teilchen (δ_2; *kg* pro Liter) wird unter Benutzung der in Fig. 6

dargestellten Apparats ausgeführt. Derselbe ist in Nachbildung eines ähnlichen Apparats entstanden, dessen Zusendung wir der Gefälligkeit des Herrn *Bernoully,* Cementfabrikant in Wildau, verdanken. Von letzterem unterscheidet sich unser Doppelapparat durch mechanischen Antrieb der vertikalen die Blechkegel durchsetzenden Spindeln und einer Abänderung der Form und Lage der Rührarme. Der Fassungsraum der trichterförmigen Gehäuse der Apparate beträgt ca. 1,5 Liter. Bei geschlossener Ausflussöffnung und ruhendem Rührwerke wird der Trichter mit dem zu prüfenden Materiale aufgefüllt. Nachdem die Ausflussöffnung geöffnet und der Apparat in Bewegung gesetzt wurde (ca. 45 Tourenzahl pro Minute) fällt das aufgelockerte Material in die untergestellten Litergefässe. Höhe der Ausflussöffnung über dem Boden der Litergefässe: 18,5 *cm.* Es wird darauf gesehen, dass die Bewegung des Apparats ohne jegliche Erschütterungen des Gestelles und damit des Messgefässes verläuft.



Maassstab 1:6

Fig. 7.

Sobald das Messgefäss strichgerecht vollgelaufen ist, wird dasselbe an Ort und Stelle abgestrichen, sodann gewogen der gesuchte Wert δ_2 festgestellt.

Zur Ermittlung der *Volumengewichte hydraul. Bindemittel* bei innigster Anlagerung der Teilchen (δ_3; *kg* pro Liter) wird der in Fig. 7 abgebildete Apparat benützt. (Derselbe dient gleichzeitig auch bei Siebversuchen zur Bestimmung der Mahlungsfeinheit). Ein cylindrisches Litergefäss mit starkem Boden ist in eine Gabel gehängt, deren freie Enden auf Excentern der Antriebswelle schleifend allmälig gehoben und plötzlich fallen

gelassen werden. Mit der Gabel wird auch das Litergefäss bei jedem Umlaufe der Maschine gehoben und aus einer Höhe von ca. 1,0 *cm* auf die eiserne, der Aufschlagefläche des Litergefässes entsprechend erhöhte Bodenplatte des Apparats fallen gelassen. Ein Tourenzähler gestattet die Anzahl der Hube des Litergefässes zu kontrolieren. Das in Bewegung gesetzte Litergefäss wird löffelweise mit dem zu prüfenden Materiale gefüllt und so gut als möglich gehäuft voll gehalten. Nach 6000 Touren (ca. 1¼ Stunde) wird das Messgefäss aus dem Apparat gehoben, abgestrichen und gewogen. Da als massgebender Durchschnitt das Mittel aus 2 Versuchen gilt, arbeiten in unserem Laboratorium 2 zusammengekuppelte Apparate der beschriebenen Art.

e. Prüfung der Längenänderungen der hydraulischen Bindemittel.

Zur Prüfung der Längenänderungen hydraulischer Bindemittel, welche diese an sich oder in Gemengen mit Sand, also als Mörtel, bei dauernder Luft- oder Wasserlagerung, in Lösungen organischer oder anorganischer Stoffe erfahren, besitzt die Anstalt

α. *Bauschingers* Tasterapparat.

β. *Debrays* Hebelapparate.

Herr *C. Klebe,* der Verfertiger des »Bauschinger'scher Tasterapparats« giebt für diesen folgende Gebrauchsanweisung, die bei Benutzung des Apparats eingehalten wird:

Der in Fig. 8 abgebildete Apparat ermöglicht eine direkte Ausmessung der Längenveränderungen prismatischer Probekörper mit einer Genauigkeit von 1/200 *mm* und giebt über Schwinden oder Wachsen derselben in verhältnismässig kürzester Zeit den sichersten Aufschluss.

Der Apparat besteht im Wesentlichen aus einem bügelförmigen Taster (A) dessen rechtsseitiger Schenkel eine Mikrometerschraube mit Teiltrommel, der linksseitige ein Fühlhebelwerk von entsprechender Empfindlichkeit enthält. Fühlhebel und Messschraube

endigen in schwach abgestumpfte Tasterspitzen, die bei Ausmessung des Probekörpers an die Endflächen desselben angelegt werden, wobei der Tasterdruck durch eine auf den längeren Fühlhebelarm wirkende Blattfeder normiert wird.

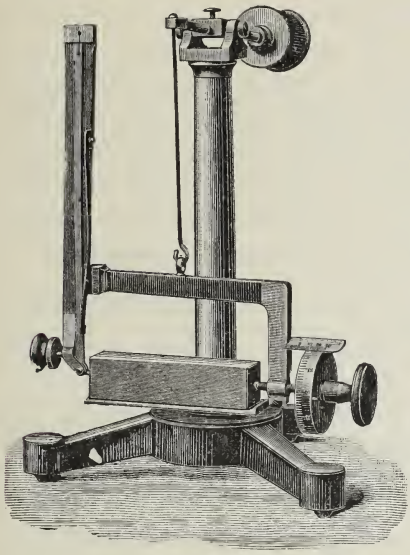


Fig. 8.

Die Probekörper hydraulischer Bindemittel werden in metallernen vierteiligen Formen, in gleicher Weise wie die Normalzugstücke, mit dem Spatel eingeschlagen, und erhalten bei einem Querschnitte von 5 cm^2 eine Länge von 10,0 *cm*. In der Mitte der Stirnflächen des Probekörpers sind kleine Vertiefungen vorgesehen, in welche je ein dünnes Metallkörnerplättchen als Tasterpunkt eingelegt und mittelst eines Cementbreis verkittet wird. Sobald die Verkittung genügend fest ist, kann zur erstmaligen Ausmessung des Probekörpers geschritten werden.

Hierzu wird das Probestück auf die am Säulenstativ des Apparates angebrachte Konsole gelegt und mittelst einer Bogenfeder gehalten. Hierauf wird der an einem Spitzengehänge leicht bewegliche Taster mit Messschraube und Fühlhebelspitze in die gut gereinigten Körner am Probestück eingeführt und die Messschraube soweit vorgeschraubt, bis der Fühlhebel genau am Index des Apparates einspielt. Nun wird der Stand der Mikrometerschraube abgelesen, wobei vom Nullpunkt der tangential zur Trommel geführten Skala ausgegangen wird; die ganzen Umdrehungen der Schraube werden bis zum vorderen Trommelband abgezählt und die Bruchteile eines Umgangs nach zehntel und hundertstel auf der Trommel selbst abgelesen. Für letztere Ablesung dient die Skalenkante als Index.

1 Skalenteil = 1 Umgang der Messerschraube = 0,50 *mm*

1 Trommelteil = $\frac{0{,}50}{100}$ *mm* = 0,005 *mm*.

Der Nullpunkt der Skala entspricht einer Tasteröffnung von 95 *mm*. Für eine absolute Länge von 100,00 *mm* wird sonach eine Ablesung von 10,00 Skalenteilen erhalten, aus welcher jene Länge, mit Hinzurechnung der vorstehend angegebenen Tasterweite (95,00) bei der Nullstellung, erhalten wird, was $\frac{10{,}00}{2} + 95{,}00\ mm = 100{,}00$ ergiebt.

Änderungen in der Temperatur machen eine Korrektur der Ablesung notwendig. Für kleine Schwankungen von 1—3° C. ist zwar der Apparat noch unempfindlich; grössere Änderungen müssen jedoch berücksichtigt werden. Die Korrekturkonstanten lassen sich leicht durch einen Versuch direkt ermitteln, werden aber auch der Gebrauchsanweisung des Apparates beigefügt.

Zur Kontrole der Tasterweite ist dem Apparat ein in Holz gefasstes Metallkörnerstäbchen beigegeben, welches auf einer Länge von 100,00 *mm* adjustiert wurde, und bei + 15° C. eine Ablesung von 10,00 Skalenteilen geben muss. Ein ebenfalls dem Apparat beigegebenes Musterprobestück ergab bei der Ausmessung = 8,96 Skalenteile; seine Länge ist sonach = $\frac{8{,}96}{2} + 95{,}00 =$ 99,48 *mm*. Bei wiederholter Abmessung ist der Probekörper stets in derselben Lage, die er bei der ersten Abmessung inne hatte, auf den Apparat zu bringen, welche Lage durch Bezeichnung der Tasterstellen mit Rechts und Links am Probestück fixiert wird.

Die Messschraube soll bei der Einstellung nicht weiter vorgeschraubt werden, als es der Fühlhebelzeiger zulässt, damit letzterer keinen Schaden erleidet.

Die Korrektur der Ablesung pro ± 1° C. beträgt im Mittel ± 0,002 Skalenteile. Bei einer Erhöhung der Temperatur dehnt sich der Apparatbügel stärker aus als z. B. ein Cementkörper, und tritt in Folge dessen ein scheinbares Schwinden des Cementes auf, während beim Sinken der Temperatur der Cementkörper scheinbar grösser wird.

Fig. 9 stellt den *Debray*'schen Messapparat zur Feststellung der Längenänderungen hydraul. Bindemittel dar. Der Unterschied zwischen *Debray's* und *Bauschinger's* Apparat liegt lediglich darin, dass bei *Debray* ca. 80,0 *cm* lange Stäbe von ca. 2,3 cm^2

Querschnitt bleibend in den Apparat eingelegt zur Anwendung kommen, während Prof. *Bauschinger* kürzere, dafür massigere und daher transportablere Probekörper benützt. Die letztern können in Bäder beliebiger Temperaturen und Zusammensetzung eingelegt werden. Mit Beschränkung des Temperaturwechsels, lässt der *Debray*'sche Apparat gleichfalls die Einwirkung beliebiger Salzlösungen dadurch zu, dass die vertikale Glasröhre, die zur Aufnahme des Probekörpers dient, mit seitlich angebrachten Zu- und Abflussöffnungen ausgerüstet ist. Das obere Ende der Probestäbe wird mit einem metallernen Plättchen belegt (aufgekittet), gegen welches der kleine vertikal hängende Taster des, auf der Röhre aufmontierten Zeigerapparats stösst. Die Teilung des Gradbogens und das Hebelverhältnis des Zeigers gestattet $^1/_{10}$ *mm* direkt, schätzungsweise deren 0,1-tels Untervielfache abzulesen. Innerhalb der praktisch vorkommenden Grenzen der Längenänderung hydraul. Bindemittel giebt der Apparat brauchbare Resultate.

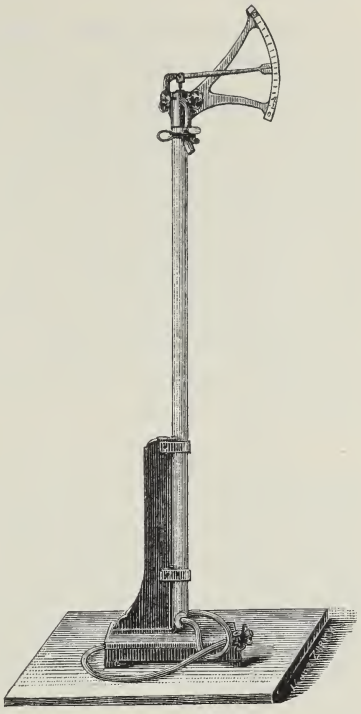


Fig. 9.

Die Erzeugung der Probekörper geschieht bei *Debray* in ähnlicher Weise wie bei *Bauschinger,* nämlich durch Einschlagen der angemachten Masse mittelst Spatel in mehrteilige, exakt gearbeitete eiserne Formen. Die so gewonnenen Probekörper erfahren je nach ihrer Bestimmung eine verschiedenartige Behandlung, bevor sie in den Debray'schen Messapparat eingelegt werden. Sie gelangen bald in frischem Zustande (nach 24 oder 48 stündiger Luftlagerung), bald nach längerer Luftlagerung zur Beobachtung.

f. Methoden der Prüfung der Volumenbeständigkeit hydraulischer Bindemittel.

a. Allgemeines.

Zu den technisch wichtigsten Eigenschaften hydraulischer Bindemittel zählt ihre Volumenbeständigkeit. Es mag ein Bindemittel Unzukömmlichkeiten hinsichtlich Farbe, Abbindungsverhältnisse, Mahlungsfeinheit zeigen, mangelhafte Kraftentwicklung besitzen, mit andern Worten minderwertig sein, die technische Verwendbarkeit verliert dasselbe erst, wenn es nicht zuverlässig d. h. volumenbeständig ist. Nachträgliche Volumenveränderungen der Bindemittel bilden stets ernste Gefahren für den Bestand eines Bauwerks; mit Recht darf daher verlangt werden, dass die Methoden der Prüfung der Volumenbeständigkeit der Bindemittel möglichst scharfe seien und ihre Anwendung in der Praxis möglichst häufig erfolge.

Absolute Volumenbeständigkeit giebt es nicht; sämtliche Bindemittel quellen unter Wasser und kontrahieren an der Luft. Wird ersteres ungebührlich gross, so entsteht »*Treiben*« im andern Falle »*Schwindung*«, welch letztere eine Formveränderung bedeutet, die sich ebenfalls bis zur Rissbildung *(Schwindrissigkeit)* steigern kann. Ein schädliches Wachsen, also eine Volumenvergrösserung eines hydraulischen Bindemittels kann auch zu Folge allmäliger Aufnahme von atmosphärischer Feuchtigkeit eintreten und nennt man solche Bindemittel »*Lufttreiber*« zum Unterschiede von erstern, die »*Wassertreiber*« sind. Wassertreiber sind stets auch Lufttreiber; dass indessen Lufttreiber nicht unbedingt *schädliche* Wassertreiber sein müssen, geht aus den spätern Zusammenstellungen unserer Beobachtungsresultate unzweifelhaft hervor.

Hydrauliche Bindemittel sind als *volumenbeständig* anzusehen, wenn dieselben ohne Sandzusatz angemacht, bei Luft- und Wasserlagernng die beim Abbinden angenommene Form und Oberflächenbeschaffenheit dauernd beibehalten. Aus tadellosen Bindemitteln erstellte Körper erfahren unter Wasser oder in bleibend feuchter Atmosphäre keine schädlichen Formveränderungen; an der Luft mit wechselndem Feuchtigkeitsgrad können diese Körper eine naturgemässe *Schwindrissigkeit* erleiden, die sich nur durch Zusatz von Magerungsmitteln (Sand oder

andern inerten Füllstoffen) und sachgemässer Verarbeitung des Materials mildern bezw. gänzlich beheben lässt.

Luft- und Wassertreiben kann entstehen:

a. *Durch übermässigen Gehalt an Stoffen, die eine nachträgliche, allmälige Zersetzung, Oxydation oder Wasseraufnahme,* beziehungsweise letztere allein, erfahren. Als Hauptrepresentant dieser Stoffe ist das Calciumsulfid (CaS) und das Calciumsulfat ($CaSO_4$) zu nennen, welche Stoffe unter Volumenvergrösserung in $CaSO_4+2H_2O$, nach *Schott* sogar in $CaSO_4+7H_2O$ übergehen. Die Oxydation und Hydratisierung des Calciumsulfides schreitet langsam vorwärts und kann Monate, ja Jahre andauern. Treiber entstehen auch, wenn schon nicht regelmässig durch Zusatz von oft sehr wechselnden Mengen ungebrannten Gypses. Die Vorgänge hier sind derzeit nicht vollkommen abgeklärt.

Treiber der vorstehend beschriebenen Kategorie seien zusammenfassend als »*Gypstreiber*« bezeichnet.

Treiber entstehen ferner:

b. *Durch ungenügende Homogenität, grobes Korn des Rohmaterials oder durch dessen fehlerhaften Brand.* Das treibende Agens ist der Ätzkalk (CaO). Je nach Brandstärke, Grösse des zufälligen Eisengehalts, seiner Verteilung im Rohmateriale, kann der Ätzkalk mehr oder weniger den Charakter des tot gebrannten Kalkes annehmen, dessen Teile den Angriffen des Löschwassers gegenüber sich oft längere Zeit indifferent verhalten. Das Treiben solcher Bindemittel ist stets auf einen oft langsam fortschreitenden Löschprozess des *Ätzkalkes* zurück zu führen. Solche Treiber nennt man: »*Kalktreiber*«.

c. *Bei entsprechender Homogenität, feinem Korn und regelrechtem Brand kann Treiben hervorgerufen werden durch ein Übermass an quellungsfähigen Stoffen.* Als solche treten auf der *Ätzkalk* und die *Magnesia.*

Übermässig hoher Kalkgehalt im Rohmateriale liefert Bindemittel, die vor der Verwendung, am zweckmässigsten wohl fabriksmässig, abgelöscht werden müssen. Übermässig Ätzkalkreiche, namentlich scharfgebrannte Bindemittel, können mit Wasser angemacht in der ersten Phase des Erhärtungsprozesses tadelloses Verhalten zeigen. Zu Folge rasch fortschreitender Verfilzung, also vorzeitiger Porenfüllung der Masse durch Absonderungs- und Löschprodukte, werden meist in kurzer Zeit innere Spannungszustände auftreten, die schädliche Formver-

änderungen, Rissbildungen, oft eine gänzliche Zerstörung des bereits angenommenen Zusammenhangs nach sich ziehen können. Treiber dieser Art gehören ebenfalls in die Kategorie der »*Kalktreiber*«.

Durch Scharfbrand wird die Magnesia dolomitischer Rohmaterialien in eine gegen Angriff des Wassers äusserst widerstandsfähige Modifikation versetzt. Genetzte oder nicht hydratisierte Bindemittel dieser Art binden und versteinern scheinbar völlig normal. Nach Verlauf längerer Zeit, oft erst nach Jahren, beginnt allmälig der Löschprozess der Magnesia sich durch Volumenvergrösserung und Auftreten von Spannungszuständen im Innern der erhärteten Masse geltend zu machen, welch letztere nicht selten zu starker Treibrissigkeit führen. In solchen Fällen haben wir es mit dem sogenannten »*Magnesiatreiben*« zu thun.

Schädlichen Einflüssen des Calciumsulfids (CaS) und der Magnesia (MgO) sind wir noch nicht begegnet; sie gehören zweifellos schon deshalb zu sehr seltenen Vorkommnissen, weil die hydraul. Bindemittel gewöhnlich nur schadlose Mengen dieser Stoffe enthalten.

Das Calciumsulfat ($CaSO_4$) rührt teils aus dem Rohmateriale her, teils bildet es sich während des Brennprozesses, oder gelangt als Zuschlag während der Mahlung ins Fertigprodukt; es wirkt individuell und sehr verschiedenartig auf die Bindemittel ein. Wenn es schädlichen Einfluss übt, so erscheint es gegen Einwirkungen des Wassers recht empfindlich; unter Wasser gesetzt bekundet es nach wenigen Tagen das »*Gypstreiben*« unter charakteristischen Erscheinungen.

Die *Zuverlässigkeitsverhältnisse hydraul. Bindemittel* prüfen wir hiernach:

1. *Auf chemisch-analytischem Wege;* zur Bestimmung gelangen S und MgO.

2. *Durch direkte Feststellung der Volumenbeständigkeitsverhältnisse.* Die Untersuchung der letztern zerfällt:

in die Probe auf *Gypstreiben,* durch Anwendung ca. *15-grädiger Wasserbäder,*

in die Probe auf *Kalktreiben,* durch Anwendung ca. *15-grädiger Wasserbäder* (Normenwasserprobe) und durch *Niederdruck-Dampf-* und *Warmwasserbäder* (beschleunigte Volumenbeständigkeitsproben).

β. Art der Erzeugung von Probekörpern.

Sämtliche zur Prüfung in das eidg. Festigkeitsinstitut eingelieferten, sowie die zu wissenschaftlichen Arbeiten aus den Fabriken oder aus dem Handel bezogenen hydraul. Bindemittel wurden vom Jahre 1885 bis 1891 folgenden Volumenbeständigkeitsproben unterworfen:

1. *der Normen- oder Kuchenprobe,* Wasserlagerung;
2. *der Darrprobe* (nach engl. Verfahren);
3. *der Glühprobe* (nach Dr. Heintzel);
4. *der Kochprobe* (nach Dr. Michaëlis);
5. *der Kuchenprobe,* Luftlagerung.

Seit Anfang 1887 führen wir auch

6. *die kombinierte Dampf-Darrprobe*, seit 1888 auch die 50 und 75-grädigen Wasserbadproben aus, wie sie nachstehend näher beschrieben sind. 1891 wurde die 75-grädige Wasserbadprobe als wertlos wieder aufgegeben.

Das der Volumenbeständigkeitsprobe zu unterwerfende Material wird in der Regel zunächst auf einen entsprechend gesäuberten Teil des Bodens der Cementwerkstätte ausgebreitet, gut durchgemischt, sodann in die Originalverpackung (Sack oder Fass) zurückgefüllt. Unmittelbar darauf wird eine hinreichende Menge des Materials zu einem steifen Brei angemacht. Die Breikonsistenz ist dickflüssig und derart gewählt, dass die entsprechend durchgearbeitete Masse sich leicht ballen und auf einer behobelten Eisenplatte rissfrei und ohne starke Wasser- oder Schlammabsonderung zu einem Kuchen ausbreiten lässt, dessen Durchmesser ca. 10 *cm,* dessen Dicke in der Mitte ca. 1,2—1,5 *cm* misst. Ausnahmsweise, wenn das verfügbare Material die Erzeugung normaler Kuchen nicht gestattet, werden kleinere und entsprechend dünnere Kuchen angefertigt. Dünnflüssiger Brei kommt bei der Erzeugung der Volumenbeständigkeitsproben nicht zur Anwendung; auch erhalten unsere plattenförmigen Proben keine dünn auslaufenden Ränder, wie dies z. B. in Deutschland meines Wissens ziemlich allgemein geschieht.

Für die Normenprobe-Wasserlagerung, für die einfache und die Dampf-Darrprobe sowie für die Kuchenprobe-Luftlagerung werden je 2 Platten vorstehend beschriebener Art angefertigt. Die Glüh- und Kochprobe sowie die 50° Wasserbadproben führen

wir an kugelförmigen Körpern aus, welche in einer Stärke von 4 bis 5 *cm*, gleichzeitig mit den Platten geformt und ähnlich diesen auf nicht absaugenden Unterlagen, aufbewahrt werden.

Unmittelbar nach ihrer Erzeugung gelangen sämtliche Probekörper in einen feucht gehaltenen Schrank; sie bleiben darin mindestens die ersten 24 Stunden, stets aber so lange, bis sie vollkommen abgebunden sind. Eine Ausnahme von dieser Regel erleiden die Probekörper der Volumenbeständigkeitsverhältnisse *hydraulischer Kalke* insoferne, als diese mindestens 3×24 Stunden im feuchten Schranke aufbewahrt bleiben.

Ausnahmsweise, wenn die Prüfung der Volumenbeständigkeitsverhältnisse eines Portland- oder Schlacken-Cementes eilig ist, werden frische, weich-plastische Platten und Kugeln der Darr- bezw. der Glühprobe unterworfen. Besteht das Material diese schärfern und empfindlichern Proben nicht, so werden dieselben an abgebundenen, also an solchen Körpern wiederholt, die, wie oben erwähnt, mindestens eine 24-stündige Feuchtlagerung durchgemacht haben.

γ. Ausführung der Volumenbeständigkeitsversuche; äussere Erscheinungen.

Normenprobe - Wasserlagerung. Nach Ablauf der vorgeschriebenen Zeit, stets nach stattgefundener Abbindung werden 2 Kuchen von ihren Eisenplatten abgelöst, bezeichnet, in ein Wasserbad versenkt und beobachtet. Die Dauer der Beobachtung erstreckt sich für sämtliche Proben dieser Art ausnahmslos auf 3 Jahre. Materialien, die verdächtig sind (z. B. dolomitische Cemente, Schlacken-Cemente mit hohem Schwefelgehalt etc. etc.) werden auf unbeschränkte Zeit hinaus im Wasser belassen. Fig. 1 und 2 auf der beigehefteten Taf. I zeigt die Ansicht zweier tadelloser Kuchenproben, Portland-Cement, Wasserlagerung.

Die Probe wird als bestanden angesehen, wenn die Kuchen weder Formveränderung noch die charakteristischen Rissbildungen zeigen.

Kalktreiber erzeugen ein Werfen der Kuchen; die vorher ebene Basisfläche des Kuchens erscheint gewölbt. Legt man die zusammengehörigen Kuchen mit ihren ursprünglich ebenen Flächen aufeinander, so wird der satte Kontakt, das überall gleichmässige Aufliegen verschwunden sein. In einem weitern Stadium des Kalktreibens gesellen sich zu den Verkrümmungen der Kuchen die bekannten radialen, nach der Kuchenperipherie sich erweiternden Kantenrisse. Bei ganz schlechten Bindemitteln tritt überdies eine Netzrissigkeit der Oberflächen hinzu; die Risse erscheinen mit einer weissen, vorwiegend aus Kalkhydrat bestehenden Ausscheidung gefüllt; das Material ist sodann meist mürbe und brüchig.

Gypstreiber zeigen oft Werfen und Netzrissigkeit; bei hochgradigem Gypstreiben Verkrümmungen, einen konzentrisch meist weit klaffenden Riss, von welchem aus ebenfalls klaffende, radiale Kantenrisse auslaufen. Die übrige Oberfläche erscheint netzrissig, vergl. Fig. 3 und 4 auf Taf. I, wo zwei Gypstreiber der letzt genannten Art abgebildet sind.

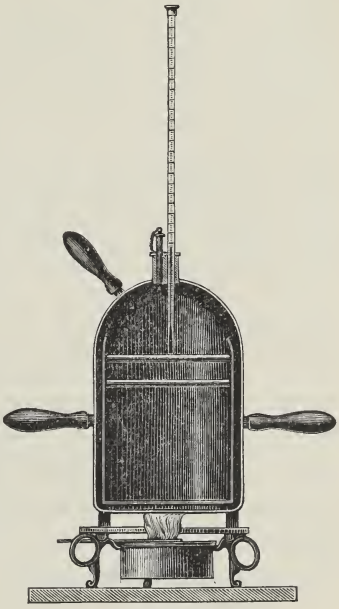


Fig. 10.

Die Darrprobe. Zur Ausführung der trockenen Darrprobe dienen gewöhnliche kupferne Darrschränke von 25 *cm* Breite, 15 *cm* Höhe und 20 *cm* Tiefe, die je mit einem Thermometer und Reichenbach'schen Gasregulator ausgerüstet sind. Wirksamer arbeitet mein in nebenstehender Fig. 10 im Querschnitte, in Fig. 11 in der Ansicht dargestellte Dampf-Darrapparat. Dieser besteht aus einem 22 *cm* hohen, cylindrischen oder langgestreckten 15 *cm* weiten, aus Kupferblech hergestellten Gefäss, welches durch eine Haube geschlossen wird. Durch Öffnungen der Haube tauchen ein Thermometer und bei Gasheizung ein Reichenbach'scher Gasregulator in das Innere des Apparats. Die Probekörper in Kuchen-Form werden mit oder ohne Eisenplatten auf die oberste, ausnahmsweise auch auf die nächst tiefer liegende Etage

des eisernen Gestelles eingeschoben und gelangen so mit dem Gestelle in den Darrapparat.

Je nach der Anzahl der gleichzeitig auszuführenden Proben werden diese bald mit ihren Eisenplättchen, bald ohne dieselben in die Darrschränke eingebracht. In ersterm Falle werden sie horizontal auf den ca. 4 *cm* über dem befeuerten Boden angebrachten Rost verlegt, sonst in schräger Stellung, Kuchen an Kuchen eingebaut. Die vorhandenen Darrschränke sind mit Gas, die Darrapparate mit Gas oder einer regulierbaren Alkoholflamme befeuert. Die Temperatur dieser Apparate wird allmälig auf ca. 105° C. gebracht. So lange die Dampfbildung anhält, steigt die Temperatur nicht weit über 90° C.; erst wenn das Porenwasser der Probekörper verdampft ist, steigt die Temperatur auf das gewünschte Maximum.

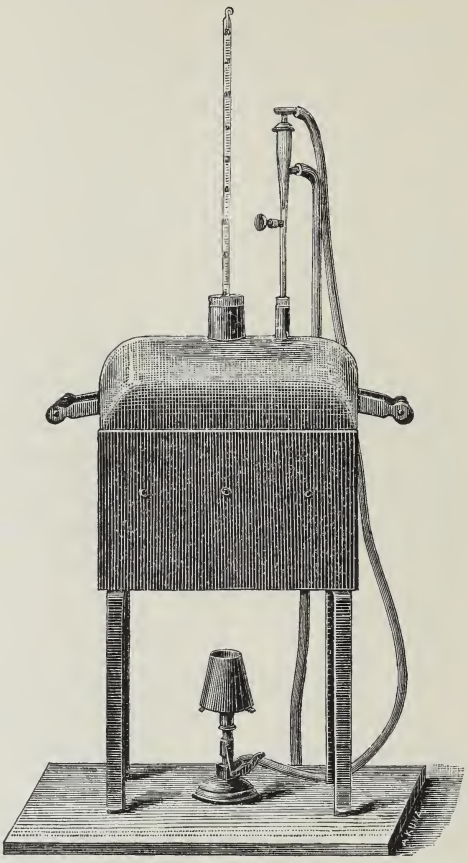


Fig. 11.

Die Wirkung der Darrschränke und der vorstehend beschriebenen Darrapparate hängt vom Feuchtigkeitsgrad der Probekörper ab, ist im übrigen blos insofern eine verschiedenartige, als der Dampf-Darrapparat insbesondere auf die Kuchen der obersten Etagen des Gestelles, die unausgesetzt von einer Dampfsphäre umschlossen sind, energischer wirkt.

Die Dauer des Versuchs hängt von der Anzahl der gleichzeitig in den Darrschrank eingesetzten Probekörper ab und schwankt zwischen 4 und 6 Stunden. Wir lassen die Probekörper mindestens

½ Stunde über den Zeitpunkt hinaus im Trockenschranke, wo die Dampfbildung andauernd aufgehört und die Schranktemperatur 105° C. erreicht hat.

Die *Dampfdarrprobe* unterscheidet sich von der trockenen Darrprobe blos dadurch, dass dieselbe nicht in Darrschränken, sondern stets nur in den beschriebenen Darrapparaten ausgeführt wird, wobei man den befeuerten Boden des Gefässes anfänglich mit Wasser von ca. 2 *mm* Höhe bedeckt, welches verdampfend sich zunächst auf den Probekörpern kondensiert und dieselben dadurch in einen gleichmässig feuchten Zustand versetzt. Bei Ausführung der Dampfdarrprobe wird stets blos der oberste Rast des Gestelles mit kuchenförmigen Probekörpern belegt. Dauer der Probe je nach Grösse des Apparats und der Anzahl der eingelegten Probekörper 4 bis 6 Stunden. Für alle Fälle ist die Probe so lange fortzusetzen, bis das Thermometer 105° C. erreicht hat.

Die *Darr-* und *Dampfdarrprobe* wird als bestanden angesehen, wenn die Versuchskörper keinerlei Verkrümmungen und Kantenrisse, dagegen hellen Klang, angemessene Härte und Festigkeit zeigen.

In zweifelhaften Fällen wechseln die äussern Erscheinungen der Darrproben. Wir beobachteten:

Vereinzelte Kantenrisse ohne Verkrümmung der Kuchen;
Verkrümmungen der Kuchen ohne Kantenrisse;
Verkrümmungen der Kuchen begleitet mit Kantenrissen;
Verkrümmungen begleitet mit Netz- und Kantenrissen bei mürber Beschaffenheit des Kuchenmaterials.

In den 3 zuletzt angeführten Fällen erschienen auf den ebenen Kuchenoberflächen häufig auch keine warzenförmige oder schuppenartige Ausblühungen.

Vereinzelte Kantenrisse ohne Verkrümmung bei sonst guter Erhärtung der Darrproben entstehen durch Kontraktion der Masse. Sie werden als Schwindrisse protokolliert, soferne auch die übrigen, gleichzeitig ausgeführten, beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben, insbesondere die Dampfdarrprobe, tadelloses Verhalten des Materials ergeben haben.

Verkrümmungen der Portland- und Schlacken-Cementkuchen deuten nach unsern Erfahrungen stets auf schädliche Volumenveränderungen des Materials. Der Grad der Verkrümmung wechselt mit der Materialbeschaffenheit. Selten kommen Verkrümmungen allein vor; oft sind sie mit den vorstehend angeführten Ausblühungen, oft auch mit radialen Kantenrissen, vergl. Fig. 6 auf Taf. I, verbunden. Nicht selten zeigen die Kuchen Netz- und Kantenrisse; das Material wird weich und bröcklig oder zerreiblich, mürbe. Fig. 5 auf Taf. I stellt einen mürbe gewordenen Körper dar. Seine Oberfläche ist rauh und netzrissig.

Die Glühprobe. Die der Glühprobe zu unterwerfenden Kugeln werden auf Eisendraht-Triangel ruhend regulierbaren Gasflammen direkt ausgesetzt. Die Erwärmung findet derart statt, dass die Proben in der ersten halben Stunde allmälig handwarm werden. In der nächstfolgenden Halbstunde steigern wir die Temperatur auf ca. 90° C. Schliesslich wird kräftiger geheizt; nach Verlauf von ca. 1½ Stunden erscheinen die von den Flammen getroffenen Kugeloberflächen rotwarm. Ein weiteres Erhitzen der Probe ist zwecklos; die Versuche werden unterbrochen und der Zustand der Versuchskörper unverzüglich festgestellt.

In Fällen, wo es auf eine möglichst rasche Bestimmung der Volumenbeständigkeitsverhältnisse eines Schlacken- oder Portland-Cementes ankommt, werden Kugeln in frischem, plastischweichem Zustande, auf einer dünnen Metallplatte oder einem Drahtgewebe ruhend, der Glühprobe unterworfen. Hierbei wird so lange, als die Probe nicht abgebunden ist, ganz schwach, d. h. so geheizt, dass die Probe handwarm bleibt. Ist die Abbindung erfolgt und die Kugel angemessen hart geworden, so wird die Glühprobe in vorstehend beschriebener Weise zu Ende geführt.

Die beobachteten äussern Erscheinungen bei der Glühprobe sind mannigfach.

Vereinzelte feine, unregelmässige und meist von dem durch die Flamme umspühlten Teile der Kugeloberfläche auslaufende Haarrisse können Schwindrisse sein. In einzelnen Fällen haben wir unregelmässig verlaufende, meist feine, schwindrissartige Rissbildungen auf der dem Feuer abgewandten Kugeloberfläche

beobachtet. Mitunter zeigen ausgeglühte Kugeln bei angemessen fester Materialbeschaffenheit eine Netzrissigkeit der ganzen Oberfläche.

Entschieden zweifelhafte Cemente bestimmter Gattung zeigen mehr oder weniger durchgreifende, oft klaffende Rissbildungen verschiedener Form. Oft erscheint ein kreisförmiger Riss an der von der Flamme getroffenen Kugelhälfte, von welchem aus mehrere, mehr oder weniger meridionale oft unregelmässig verlaufende Risse ausgehen. Das anrissige Material löst sich oft calottenförmig von der Kugel, deren Kern mehr oder weniger fest und intakt erscheint. Oft sind die Rissbildungen unregelmässig, die Kugel durchsetzend, das Material erdig mürbe; vergl. Fig. 9 bis 12 auf Taf. I.

Die Kochprobe. Wie bereits Eingangs angeführt wurde, benützen wir zur Kochprobe stets abgebundene, kugelförmige Körper. Dieselben gelangen auf einen Rost eines 20 *cm* weiten und 24 *cm* hohen Kupferkessels, welcher vorangehend mit gewöhnlichem, filtriertem Seewasser gefüllt worden war. Durch Gasflammen wird das Wasser allmälig erwärmt und nach ca. 1¼ Stunde ins Sieden gebracht. In diesem Bade von siedendem Wasser (also bei atmosphärischem Druck) verbleiben die Körper 6 Stunden, soferne nicht schon vorher solche Beschädigungen eingetreten sind, die eine Weiterführung der Probe zwecklos machen.

Tadellose Cemente bestimmter Gattung bestehen diese Probe vollkommen; die Probekörper werden hart und fest, scheinen förmlich versteinert. Mitunter zeigen die Proben bei ziemlich fester Grundmasse weisse Aderungen; die Kugeln sind offenbar netzrissig geworden und erscheinen die Risse der Hauptsache nach mit Kalkhydrat ausgefüllt.

Bei zweifelhaften Cementen werden die Kugeln mürbe und rissig, vergl. Fig. 8 auf Taf. I; oder bröckelig, vergl. Fig. 7 auf Taf. I; oder sie zerkochen gänzlich zu Brei.

Die 50 und 75-grädigen Wasserbadproben. Zur Ausführung der Warmwasserbadproben dienen geschlossene, doppelwandige, mit Thermometer und Gasregulator ausgerüstete, kupferne Kästen. Der Zwischenraum dieser Kästen ist mit Wasser oder Öl gefüllt, welches derart erwärmt wird, dass die Temperatur

der Wasserbäder angenähert 50 bezw. 75° C. beträgt. Berücksichtigt man, dass ursprünglich sämtliche Bindemittel stets auch der Kochprobe unterworfen wurden, so ergiebt sich, dass diejenigen Bindemittel, die die letztere nicht bestanden hatten, den Einflüssen warmer Bäder mit Abstufungen der Temperaturen von 100 auf 75 und 50° C. ausgesetzt erscheinen.

Bindemittel, die die Kochprobe an und für sich bestanden haben, sind in warmen Bädern mit niedrigern Temperaturen selbstredend nur ausnahmsweise und sodann in der Absicht behandelt worden, um den Einfluss der Dauer der Einwirkung kennen zu lernen.

Beobachtet wird, so weit der Eintritt der Nacht es erlaubt, sozusagen fortwährend. Die Versuchsdauer erstreckte sich anfänglich auf 36 Stunden; seit 1891 ist die Dauer der Probe auf 6 Stunden ermässigt.

Die äusseren Erscheinungen der Zerstörung bei Behandlung gewisser Sorten hydraul. Bindemittel in warmen Bädern sind im allgemeinen ähnlich denjenigen, die die Kochprobe zeigt. Beobachtet wurde:

Völliges Intaktbleiben bei angemessener Verfestigung der Probekörper; Netzrissigkeit der Oberfläche bei mürber Materialbeschaffenheit; durchgreifende Rissigkeit bei mürber Materialbeschaffenheit.

Endlich ist ein völliges Zerfallen der Proben möglich; uns ist das Zerfallen bisher nicht begegnet.

Kuchenprobe-Luftlagerung. Von jeder zu prüfenden Sorte hydraul. Bindemittel werden 2, vorangehend mindestens 24, hydraul. Kalke 3 × 24 Stunden lang feucht gehaltene Kuchen auf einem Brettergestelle im Laboratorium unserer Anstalt, geschützt vor Einwirkung der Sonnenstrahlen, an der Luft gelagert und beobachtet. Der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre unseres früheren, im Kellergeschosse des Hauptgebäudes des schweiz. Polytechnikums untergebracht gewesenen Laboratoriums wechselte. Bis zum Jahre 1887 war dieselbe entschieden feucht. Später wurden die feuchten Wände des Laboratoriums künstlich trocken gelegt; dessen ungeachtet kann von einer »austrocknenden« Wirkung der Atmosphäre desselben nicht gesprochen werden. Der Lagerungsort der Probekörper im Neubau unserer Anstalt ist in dieser

Hinsicht ungünstiger; die Atmosphäre ist namentlich im Winter wesentlich trockener als zuvor. Messungen der Feuchtigkeitsverhältnisse liegen bisher nicht vor.

Die Dauer der Beobachtung der Kuchen-Luftlagerung ist auf 3 Jahre angesetzt. Probekörper zweifelhafter Materialsorten werden selbstverständlich auch über diese Zeit hinaus beobachtet.

Hydraulische Bindemittel aller Art bestehen die Kuchenprobe-Luftlagerung in der Regel vollkommen; sie werden angemessen fest hart, hellklingend und bleiben frei von Verkrümmungen oder Rissbildungen. Die Oberflächen solcher Kuchen zeigen keinerlei Veränderungen und sind meist gänzlich frei von Ausblühungen und Ablösungen irgend welcher Art.

Cemente mit schwer oder langsam löslichen Silikaten (z. B. die sauren oder kalkarmen, basischen Schlacken) bleiben an der Luft mürbe, zerreiblich; sie durchlaufen in dieser Hinsicht alle Abstufungen bis zu der, der Abtrocknung und Verfestigung des Luftkalkmörtels entsprechenden Härte und Cohärenz. Manche der besten Cementsorten dieser Gattung färben oft noch schwach kreideartig ab.

Cemente, die die Kuchenprobe-Wasserlagerung bestehen, dagegen in den beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben zweifelhaftes Verhalten zeigen, beginnen nach Verlauf einer längern Erhärtungsfrist, oft erst nach Jahren von Aussen nach Innen fortschreitend, bei plattenförmigen Probekörpern von den Plattenrändern ausgehend, zu zerfallen; vergl. die Abbildungen auf Taf. III und IV. Kuchenproben-Luftlagerung solcher Cemente zeigen meist etwelche Verkrümmungen und erscheint die Oberfläche derselben oft besäht mit Ausblühungen und Warzenbildungen; vergl. Taf. II Fig. 1 bis 4.

g. Methoden der Prüfung der Abbindeverhältnisse hydraulischer Bindemittel.

a. Allgemeines.

Wird ein hydraul. Bindemittel zu einem *Brei* oder mit Sand zu einem *Mörtel* angemacht und sodann sich selbst überlassen, so verliert die Masse allmälig, oft zusehends rasch ihre Geschmeidigkeit; der Brei oder Mörtel erstarrt und geht an der

Luft wie unter Wasser in cohärente Aggregatform über, die sich bis zur vollkommenen Versteinerung steigern kann.

Der Übergang des Materials aus dem teigartigen, plastischen in festen Aggregatzustand nennt man das »*Abbinden*«; der Abbindevorgang einschliesslich der darauf folgenden Versteinerung bildet den »*Erhärtungsprozess*« des Bindemittels. Im Verlaufe des Erhärtungsprozesses sind zunächst blos 2 Momente zu unterscheiden, nämlich:

1. der *Erhärtungsanfang* oder *Erhärtungsbeginn,* als derjenige mehr oder weniger scharf ausgesprochene Moment, in welchem durch chemisch-physikalische Vorgänge bedingt, das Bindemittel beginnt aus dem plastisch-weichen in die feste Aggregatform überzugehen; sodann

2. das *Erhärtungsende,* welches erreicht ist, sobald der Versteinerungsprozess seinen Abschluss gefunden.

Zwischen diesen, durch bestimmte Merkmale gekennzeichneten Momenten des Versteinerungsprozesses liegt eine stetige Kette von Zustandsänderungen des Materials, welche dasselbe durchläuft, und die sich durch wachsende Cohärenz, durch wachsende Härte und Festigkeit nach Aussen kenntlich machen. Für den täglichen Bedarf des Baugewerbes ist die Kenntnis des Zeitpunkts des Erhärtungsendes weniger belangreich, als derjenige Moment, wo der Erhärtungsprozess soweit vorgerückt ist, dass gewisse äussere, mechanische Einwirkung, wie beispielsweise diejenige des *Wassers,* bei der Gruppe der vornehmsten Vertreter der hydraul. Bindemittel wohl auch diejenige mässiger Fröste auf das Material mehr oder weniger schadlos sind.

Der Zeitpunkt, wo die Verfestigung den vorstehend bezeichneten Grad der Widerstandsfähigkeit erreicht, ist erfahrungsmässig festgestellt und als »*Bindezeit*« benannt worden.

Bei tadellosen, raschbindenden hydraul. Bindemitteln liegt der Erhärtungsbeginn und die Bindezeit zeitlich nahe beisammen; dagegen fällt bei langsam erhärtenden Materialien zwischen dem nicht scharf ausgeprägten Erhärtungsbeginn und der Bindezeit meist ein grösserer Zeitintervall, ein Zeitintervall von nicht selten mehreren Stunden, ja mehreren Tagen.

β. Methoden und Hülfsmittel der Untersuchung; Art der Erzeugung der Probekörper.

Bis zum Jahre 1882 haben wir in Anlehnung an die deutschen Normen die Bestimmung der *Bindezeit* ausschliesslich vermittelst des Fingernageldrucks auf Kuchen, ähnlich jener der Volumenbeständigkeitsproben, Wasserlagerungen, ausgeführt. Das Bindemittel galt als abgebunden, wenn es einem mässigen Drucke mit dem Fingernagel widerstand.

Die völlige Willkür in der Grösse der Druckäusserung, der Menge des Anmachwassers und der Nagelbeschaffenheit gestattete keine verwertbaren Messungen vorzunehmen und sahen wir uns schon in der zweiten Hälfte des Jahres 1882, also zur Zeit unserer ersten Untersuchung der Vorgänge beim Erhärtungsprozess hydraul. Bindemittel, den in Fig. 12 abgebildeten Apparat zu konstruieren, welchem ebenfalls 1882 für praktische Bedürfnisse der in Fig. 13 dargestellte folgte.

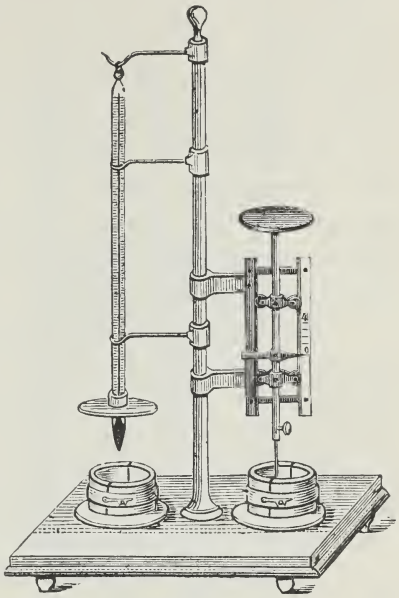


Fig. 12.

Als Messwerkzeug liegt beiden Apparaten die Vicat'sche Nadel zu Grunde, welche in ihrer ursprünglichen Form aus einer ca. 1 *mm* dicken Stricknadel, mit einem Bleiknopf am obern Ende bestand. Das Gesamtgewicht der Nadel betrug ca. 300 *gr.*

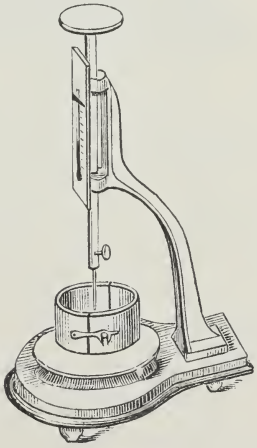


Fig. 13.

Unsern Apparaten lagen ursprünglich quadratische, später cylindrische Nadeln mit 1 mm^2 Querschnittsfläche bei 300 *gr* Nadelgewicht zu Grunde. Zur sichern Handhabung erhielten die

Nadelschäfte Rollen — bezw. Ringführungen, vgl. Fig. 12 u. 13. Zur Aufnahme des Breies der zu prüfenden Substanz dienen Hartgummi-Dosen von ca. 4,0 *cm* Höhe, bei 0,8 *cm* Wanddicke und ca. 8,0 *cm* Dosenweite. Diese Dosen lagern auf ebenen Glasplatten; sie sind auf den Bodenbrettchen der Apparate verschiebbar, so dass beim Ablassen der Nadel jedesmal eine andere Stelle der breigefüllten Dose getroffen wird. Eine *mm* Skala am Rahmen sowie ein Index, befestigt am Nadelschafte, gestatten die Erhebung des Abstands der Nadelbasis von der Unterlagsplatte der Dose für jene Fälle, bei welchen die abgelassene Nadel den erstarrenden Brei des Bindemittels unter ihrem Eigengewichte nicht mehr zu durchdringen vermag. Selbstredend stimmt beim Aufsitzen der Nadel auf der Unterlagsplatte der Index auf den Nullpunkt der Skala.

Zur Erhebung der Temperaturänderungen der erhärtenden Substanz erhielt der in Fig. 12 abgebildete Apparat links der Ständersäule ein selbstregistrierendes Thermometer mit $^1/_{10}{}^0$-Teilung. Eine Hartgummidose mit Deckel dient auch hier zur Aufnahme des Breies der zu prüfenden Substanz, in welche das konisch gestaltete Gefäss des Thermometers unmittelbar nach Füllung der Dose eingeführt wird.

Nachdem die Menge des Anmachwassers auf den Ausfall der Abbindeversuche hydraul. Bindemittel sich in soferne von Einfluss erwiesen hatte, als mit abnehmender Wassermenge der Abbindeprozess beschleunigt wird, erschien es nötig, vorab eine Methode der Bestimmung der Menge des Anmachwassers festzustellen. Wir sind hierbei von der Erfahrung ausgegangen, dass bei gleichwertiger Durcharbeitung des Breies eines Bindemittels mit abnehmender Wassermenge die Steifigkeit und damit der Widerstand gegen Eindringen einheitlich geformter, prismatischer oder cylindrischer Körper wächst, bei gleicher Wassermenge dagegen konstant bleibt und dass somit das Prinzip der für den Weisskalk s. Z. gewählten Konsistenzbestimmung sich auch auf hydraul. Bindemittel übertragen lassen müsse.

Fig. 14 stellt unsern Konsistenzmesser für Weisskalk dar. Ein in die Bodenplatte des Apparats eingelassenes Glasgefäss wird mit dem zu prüfenden Kalkbrei ohne zu rütteln stichgerecht angefüllt, der Aufsatz aufgesteckt und sodann der entsprechend belastete Cylinder behutsam auf das Kalkbreiniveau abgelassen.

Der nun sich selbst überlassene Cylinder sinkt nach Massgabe der Steifigkeit des Kalkbreies auf eine bestimmte Tiefe in denselben, die als Abstand der Cylinderbasis über dem Gefässboden an einer der seitlichen Führungsstangen angebrachten *mm*-Skala bequem abgelesen werden kann.

In Anwendung des vorstehend angeführten Prinzips der Konsistenzbestimmung wurden die Nadeln in den in Fig. 12 und 13 dargestellten Nadelapparaten durch cylindrische, metallerne Pistills von 1,0 *cm* Durchmesser unter Belassung des Brutto-Gewichts von 300 *gr* ersetzt, so dass die Apparate bald zur Konsistenzbestimmung, bald zur Bestimmung der Erhärtungsvorgänge nutzbar gemacht erscheinen. Das Verfahren der Konsistenzbestimmung ist nun kurz folgendes:

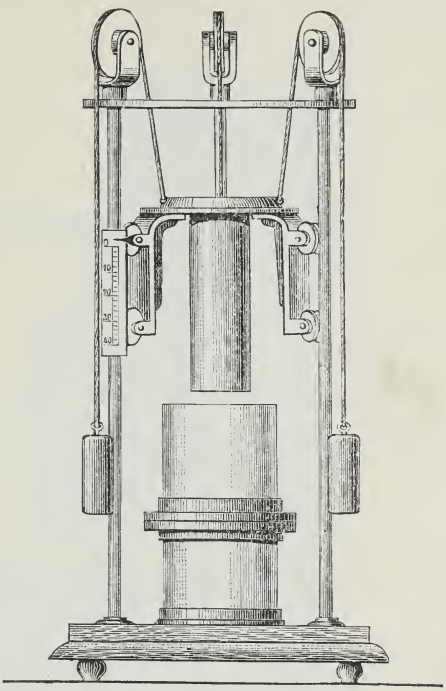


Fig. 14.

400 *gr* des zu prüfenden hydraulischen Bindemittels werden mit einer vorläufig angenommenen Wassermenge zu einem steifen Brei angerührt, welcher vom Zeitpunkte der Wassereinfuhr ab gerechnet:

bei Raschbindern 1 Minute, bei allen andern Bindemitteln 3 Minuten lang mittels eines löffelförmigen Spatels gleichmässig, kräftig durchgearbeitet wird. Hierauf wird die Dose ohne zu rütteln gefüllt, eben abgestrichen, in den Apparat geschoben und der Konsistenzmesser behutsam in den Brei abgelassen. Bleibt der Cylinder ca. 5 *mm* über der Bodenplatte der Dose stecken, so wird die Breikonsistenz als *normal* angesehen.

Ist die Normalkonsistenz bestimmt, so wird das Pistill durch die Nadel ersetzt und das Nadelgewicht auf 300 *gr* gebracht. Die Nadel wird nun in passenden Zeitintervallen ebenfalls behutsam,

fallfrei abgelassen und einerseits der »*Erhärtungsbeginn*« als derjenige Moment bestimmt, in welchem die Nadel den Kuchen nicht mehr zu durchdringen vermag, sodann die »*Bindezeit*«, welche erreicht ist, wenn die Erhärtung des Bindemittels soweit vorgerückt ist, dass die abgelassene Nadel auf der mehr oder weniger schlammfreien Grundfläche des Kuchens keinen Eindruck mehr hinterlässt.

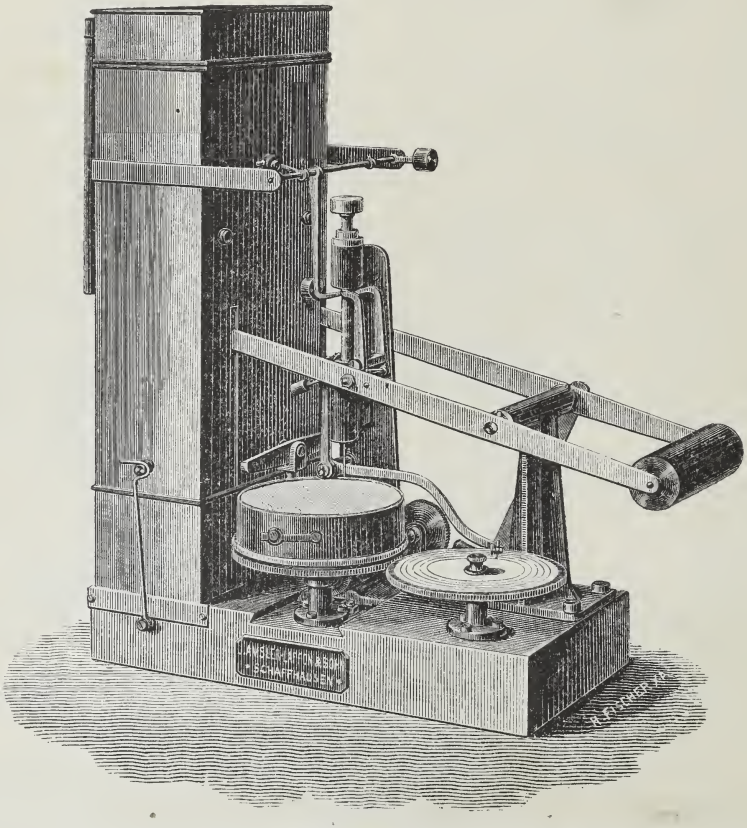


Fig. 15.

Die Abbindeversuche sind bei einer mittleren Lufttemperatur von 15° C. vorzunehmen. In abweichenden Fällen müssen die Temperaturen in Berücksichtigung gezogen und jeweilen angegeben werden. Es bedarf wohl keiner besondern Begründung, dass es auch bei Abbindeversuchen erforderlich ist, Cement und Wasser auf die herrschende Lufttemperatur zu bringen.

Die vorstehend beschriebenen Abbinde-Apparate fordern sorgfältige Bedienung und unausgesetzte Aufmerksamkeit des Beobachters, wenn die Erhärtungsanfänge, oder der Eintritt der Bindezeiten nicht verpasst werden soll. Fällt die Vollendung der Erhärtung in die Nacht hinein, oder dauert der Versuch mehr als einen Tag, so wird man wohl in den meisten Fällen auf eine einigermassen zutreffende Ermittlung der kritischen Momente des Erhärtungsprozesses verzichten müssen, wenn nicht automatisch registrierende Apparate zur Verfügung stehen. Dies war der Grund, der uns veranlasste, den in Fig. 15 dargestellten Apparat anfertigen zu lassen. Das Konstruktionsprinzip war mit andern Bestimmungen programmmässig gegeben. Den Entwurf des Apparats und seine prächtige Ausführung hat die mech. Werkstätte des Herrn Prof. *J. Amsler-Laffon & Sohn in Schaffhausen* besorgt.

Der neue Apparat ist eine Erweiterung unseres Abbindeapparats und liefert Diagramme, aus welchen zu entnehmen ist:

1. Das Zeitintervall vom Moment an, wo das Bindemittel mit Wasser angerührt worden ist, bis zum Erhärtungsbeginn des Breies, und

2. das Zeitintervall bis zum Eintritt der Bindezeit.

Im Fernern ist der Apparat auch mit einem permanent verfügbaren Konsistenzmesser des Breies ausgerüstet.

Mit dem neuen Apparat wird als Erhärtungsbeginn der Moment fixiert, wo eine aus bestimmter Höhe *fallende* Nadel nicht mehr auf den Grund eines Cementbreies sinkt. Als Bindezeit musste aus technischen Gründen ein anderes Charakteristikum, als das bisher benützte, gewählt werden. Ein schwach sichtbarer Eindruck der Vicat'schen Nadel hat nämlich so geringe Tiefe, dass sie mechanisch kaum messbar ist. Zieht man noch in Betracht, dass die Oberfläche des Cementkuchens nicht mathematisch genau eben ist, sich während des Abbindeprozesses noch verändert, und Schlamm ablagert, so ist einleuchtend, dass eine mechanische Fixierung des Momentes, wo der Eindruck der Vicat'schen Nadel verschwindet, nicht zu erreichen war. Es musste daher an ein anderes Mittel gedacht werden und als solches wurde *eine bestimmte Tiefe des Eindringens der fallenden Nadel* in den Cementkuchen vereinbart.

Als Gewicht der Nadel samt Nadelträger wurden 500 *gr*, als Nadel ein Cylinder von 2 *mm* Durchmesser, als Fallhöhe 40 *mm* und als Eindringungstiefe 2 *mm* gewählt.

Fallhöhe und Nadelgewicht sind nur gegen Schluss des Abbindeprozesses wie angegeben. Zu Anfang des Versuchs sind jene Verhältnisse andere. Das wirksame Gewicht des Nadelträgers ist dann kleiner, da derselbe bald nach dem Eindringen der Nadel in den Cement ein Aufsatzgewicht absetzt und dann in erleichtertem Zustand weiter fällt.

Die Ansicht des Apparates ist in der Tafel V dargestellt; Fig. 2 stellt einen Vertikalschnitt von vorn gesehen, Fig. 3 den Grundriss dar. Fig. 4 ist ein Vertikalschnitt durch den Wassermotor, Fig. 5 ein Vertikalschnitt durch die Führung des die Nadel tragenden Fallkörpers; endlich stellt Fig. 6 den Konsistenzmesser dar.

A stellt die mit Cementbrei gefüllte Dose dar, welche auf einem Teller mit Rand ruht. Letzterer wird nach dem Füllen der Dose auf die Scheibe *B* gesetzt. *C* ist ein vertikaler cylindrischer Fallkörper, in welchem unten die Nadel (ein 2 *mm* dicker cylindrischer Metallstift) befestigt ist. Die Spindel des Fallkörpers ist mit einer Anzahl Kerben versehen, welche zum Heben desselben dienen. Er wird in die Höhe gehoben und bis zum richtigen Zeitpunkt durch eine Klinke *D* festgehalten, welche in eine der Kerben eingreift. Die Klinke *D* ist am vordern der beiden Hebel *E* drehbar befestigt. Links tragen die Hebel *E* ein Blechgefäss *F*, rechts ein Gegengewicht, welches so gross ist, dass es den Fallkörper in der Höhe zu halten vermag, wenn das Gefäss *F* leer ist. Oberhalb *F* befindet sich ein Kippgefäss *G*, in welches aus dem Gefäss *X* beständig ein feiner Wasserstrahl fliesst. Ist eine Kammer des Kippgefässes *G* voll, so kippt dieses um, drückt während des Umkippens mit dem Arm *I* auf den Winkelhebel *K*, dessen schräg abwärts reichender Teil dann die Klinke aus der Kerbe der Fallkörperspindel *C* auslöst, so dass dieser herabfallen kann, und ergiesst seinen Inhalt in das Gefäss *F*, wodurch dieses schwerer wird und unter Überwindung des Gegengewichts, das Hebelpaar *E* abwärts bis an den Anschlag *L* herunterzieht. Der Fallkörper *C* fällt mittlerweile herunter und die Nadel dringt in den Cementbrei ein.

Hinter dem Fallkörper *C* befindet sich eine vertikal bewegliche Schiene *a*, welche mit der Nase *b* ebenfalls an der Klinke *D* hängt, wenn sich das Gefäss *F* in der obern Stellung befindet. Wird die Klinke *D* zurückgeschlagen, so wird die Schiene *a* frei und fällt herunter bis der Anschlag *c* auf dem Zahn *d* aufsitzt, welcher, vergl. Fig. 5, auf der gleichen Axe wie der Zahn *W* befestigt ist. In der untersten Stellung lehnt sich nun die Klinke *D* gegen die vorspringende Fläche *e* (Abweiser), welche an der Schiene *a* angebracht ist. Dadurch wird verhindert, dass die Klinke *D* in der untersten Stellung, in welcher er eine Zeit lang verweilt, den Fallkörper *C* fasst, bevor er die tiefste Lage erreicht hat; eine vorzeitige Arretierung des Fallkörpers ist hierdurch verhindert. Das Gefäss *F* entleert sich allmälig wieder durch ein kleines Loch in seinem Boden. Dadurch wird es wieder leichter und das Gegengewicht vermag dasselbe wieder zu heben. Ist die Klinke *D* ein klein wenig in die Höhe gestiegen, so verlässt sie den Abweiser *e*, lehnt sich gegen den Fallkörper, fasst ihn an einer Kerbe und nimmt ihn mit in die Höhe. Inzwischen wird auch die Nase *b* von der Klinke *D* gefasst und die Schiene *a* wieder mit in die Höhe genommen. Im letzten Moment der Aufwärtsbewegung des Hebelpaares *E* hebt der hintere Hebel *E* die vertikal bewegliche Stange *M*, wodurch der Hebel *N* frei wird und sich unter der Wirkung des Gewichtes *O* etwas drehen kann. Die an *N* befestigte Klinke *P* schaltet dabei das Schaltrad *Q* um einen Zahn vorwärts. Ein Gegenzahn der in ein zweites Sperrrad eingreift, verhindert dass mehr als *ein* Zahn auf einmal geschaltet wird. In Folge dessen wird die Scheibe *B* etwas gedreht und gleichzeitig der in einer horizontalen Bahn verschiebbare Ständer *R*, welcher dem Fallkörper als Führung dient, etwas nach rückwärts geschraubt. Es kommt in Folge dieser zwei Bewegungen bei dem nun folgenden Spiel des Fallkörpers stets eine neue Stelle des Cementbreies unter die Nadel zu liegen. Die Gesamtheit der von der Nadel durchbohrten Stellen bildet eine Spirallinie auf der Cementoberfläche, so dass die Dose mehrere Umdrehungen machen kann, ohne dass die Nadel schon berührte Stellen des Breies trifft. Die gezahnte Scheibe *B* greift in eine zweite gezahnte Scheibe *S* ein, auf welche eine Papierscheibe geklemmt wird. Auf dieser ruht der Schreibstift *T*, dessen Halter am Ständer *R* befestigt sich mit diesem nach rückwärts bewegt, wenn

sich die Scheibe *B* und damit auch die Scheibe *S* dreht. Er zeichnet mithin auf der Papierscheibe eine Spirallinie, welche das Abbild der von der Nadel im Cementbrei eingestochenen Löcherreihe ist. Will man die Papierscheibe auswechseln, so hebt man den Schreibstift in die Höhe, dabei gleitet die Schiene *U* abwärts und der Schlitz an ihrem obern Ende fängt sich an dem Stift *V* des Hebels *W*, so dass der Schreibstift abgehoben bleibt, bis man die Schiene *U* wieder frei macht.

So lange die Nadel den Boden der Cementdose erreicht, markiert der Schreibstift auf der Papierscheibe eine *kontinuierliche* Linie. Beginnt die Erstarrung des Cements, so dringt die Nadel nicht mehr ganz auf den Grund der Dose und die Klinke *D* kann in der tiefsten Lage nach dem Verlassen der Fläche *e* den Fallkörper *C* an der zweitobersten Kerbe fassen. Geschieht dies, so wird nun der Fallkörper 5 *mm* höher gehoben als vorher. Im letzten Moment des Hebens stösst die Verdickung der Spindel des Fallkörpers unterhalb der Kerben gegen den vertikalen Zahn *W* und hebt den Schreibstift durch Vermittlung der Schiene *U* vom Papier ab. Das Abheben des Schreibstifts geschieht, während sich die Scheibe *S* dreht, so dass also eine Unterbrechung des Bleistiftstriches stattfindet. Der Schreibstift hinterlässt blos einen kurzen Strich. Der Beginn der Unterbrechung der kontinuierlichen Bleistiftlinie auf dem Diagramm markiert den Eintritt des Erhärtungsanfangs (Erhärtungsbeginn) des Bindemittels an. Da nun der Fallkörper höher gehoben wurde, so fällt die Nadel beim nächsten Spiel mit grösserer Wucht herunter und kann nun, falls die Bindung des Cements mittlerweile nicht stark fortgeschritten ist, wieder auf den Grund der Dose dringen. Es wird daher beim folgenden Spiel unter Umständen auf dem Papier wieder eine volle Marke (eine Linie) geben, beim zweitfolgenden Spiel wird aber wieder eine Unterbrechung stattfinden u. s. w. Drang die Nadel aus zufälligen Gründen (fester Knollen oder dergl.) das erste Mal nicht auf den Grund der Dose, so wird in der Folge die ursprüngliche, volle Linie erscheinen, bis der Erhärtungsbeginn des Materials wirklich thatsächlich eingetreten ist.

Erstarrt das Bindemittel allmälig mehr, so wird die Nadel immer weniger tief eindringen. Der Fallkörper fällt immer weniger tief und die Klinke *D* kann ihn nach einiger Zeit an der

dritten Kerbe erfassen und heben, was in der Registrierung weiter keinen Unterschied macht. Der Schreibstift hinterlässt in diesem Erhärtungsstadium nur einen Punkt auf dem Diagramm.

Während nun der Fallkörper fällt, wird der Zahn *W* durch die Verdickung des Fallkörpers anfänglich zurückgedrückt, so dass auch der Zahn *d* zurücksteht und die Schiene *a* nicht mehr am Anschlag *c* arretiert. Die Schiene *a* fällt nun frei herunter bis der Schienenfuss *f* auf dem Cementkuchen aufsitzt. Da der Moment wo die Klinke *D* den Fallkörper berührt von der relativen Stellung des Fallkörpers zur Schiene *a* abhängt, und nun in diesem Stadium der Erhärtung die unterste Lage der Schiene *a* von der Höhenlage der Oberfläche des Cementkuchens abhängt, so hängt also auch das Heben des Fallkörpers von der Cementoberfläche ab. So lange die tiefste Lage der Schiene *a* vom Zahn *c* abhieng, war das Spiel des Fallkörpers nicht von der variablen Höhe des Cementkuchens abhängig, sondern von der unveränderlichen Lage des Bodens der Dose.

Schreitet die Erhärtung so weit vor, dass die Nadel blos noch 2 *mm* in den Cementkuchen eindringen kann, so fasst die Klinke *D* den Fallkörper schliesslich an der untersten Kerbe und hebt ihn so hoch, dass der Zahn *W* unter die Verdickung der Spindel des Fallkörpers zu liegen kommt und der Schreibstift daher nicht mehr abgehoben ist, wenn die Papierscheibe sich dreht. Der Schreibstift zeichnet daher nun wieder eine ununterbrochene Linie. Der Wiederbeginn des kontinuierlichen Bleistiftstriches zeigt die s. g. Bindezeit an. Ist dieser Moment eingetreten, so bleibt der Fallkörper auf der Klinke *W* hängen und kann nicht mehr herunterfallen. Das Diagramm wird auf einer Papierscheibe gezeichnet, welche mit einem Netz derartig bedruckt ist, dass man die Anzahl Spiele ablesen kann, welche der Apparat bis zum Zeichnen irgend einer der Marken ausführte.

Das Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Markierungen hängt von der Zeit ab, welche zum Füllen einer Kammer des Kippgefässes *G* nötig ist.

Die Füllzeit kann man durch entsprechendes Einstellen der Mutter auf der Schraube *H* varieren. Die Gangtiefe des Gewindes nimmt von oben nach unten zu. Die Schraube steckt in einem glatten Rohr und sitzt mit der Mutter auf dem obern

Rand desselben auf. Die Mutter ist unten mit seitlichen Schlitzen versehen, welche dem Wasser den Eintritt in den Gewindegang gestatten. Je höher oben die Schraube steht, um so kürzer und tiefer ist der vom Wasser zu durchlaufende Gewindgang und um so mehr Wasser wird in der Zeiteinheit auch durchfliessen.

Der untere Auslauf des Ausflussrohres taucht in eine oben offene Schale, welche das Eindringen von Luft in die Regulier-vorrichtung verhindert. In das Gefäss *X* soll aus dem Hahn einer Wasserleitung stets etwas mehr Wasser zugeführt werden, als durch das Loch im Boden des Gefässes auslaufen kann. Das überschüssige Wasser läuft über einen seitlichen Überlauf ab und verlässt samt dem, zum Antriebe des Apparates nötigen Wassers das Blechgehäuse durch ein, in dessen Boden angebrachtes Auslaufrohr.

Der Apparat macht ca. 400 Spiele. Lässt man denselben alle 15 Minuten registrieren, so wird der Apparat ununterbrochen ca. 4 Tage lang arbeiten, was für alle Fälle vollkommen ausreicht.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, hier noch die Bemerkung einzuschalten, dass man zur Bestimmung der Bindezeit nach wie vor, vergl. Seite 100, die schlammfreie Grundfläche des Probekörpers benützen wird und dass die Änderungen der Lufttemperatur während des Versuches mitbeobachtet werden müssen, der Arbeitsplatz dieses Apparats somit mit zuverlässig arbeitenden Minimum- und Maximum-Thermometern auszurüsten ist. Hinsichtlich der Normalkonsistenz, Dauer der Durcharbeitung des zu prüfenden Breies dienen nach wie vor die gleichen Vorschriften.

h. Bestimmung der Temperaturänderungen des erhärtenden Breies hydraulischer Bindemittel.

Ursprünglich hatte zum Zwecke der Bestimmung der Temperaturänderungen hydraulischer Bindemittel während ihres Abbindeprozesses der in Fig. 12 abgebildete Apparat gedient. Derselbe wurde später durch den in Fig. 16 dargestellten Apparat ersetzt, welcher aus zwei selbstregistrierenden Maximum-Thermometern besteht, die in gedeckte Hartgummidosen tauchen, während zwei weitere Thermometer dazu dienen, einmal die

absolute Lufttemperatur anzugeben bezw. die Veränderungen (Maximum) während des Versuches zu registrieren. Hinsichtlich der Art der Erzeugung des zu beobachtenden Breies, seiner Konsistenz, Dauer der Durcharbeitung etc. gelten die gleichen Vorschriften wie bei der Erhebung der Abbindeverhältnisse.

i. Prüfung der Mahlungsfeinheit hydraul. Bindemittel.

Die Kraftentfaltung, das Adhäsionsvermögen, die Wasserundurchlässigkeit der Mörtel, sowie die Sandkapazität hydraul. Bindemittel wächst mit der Feinheit ihrer Mahlung. Verschiedene Erfahrungen sprechen dafür, dass auch die Tendenz zur Schwindrissigkeit sowie diejenige zur Schlammbildung bei Verwendung des Bindemittels direkt in Wasser, mit wachsender Mahlungsfeinheit ebenfalls wächst.

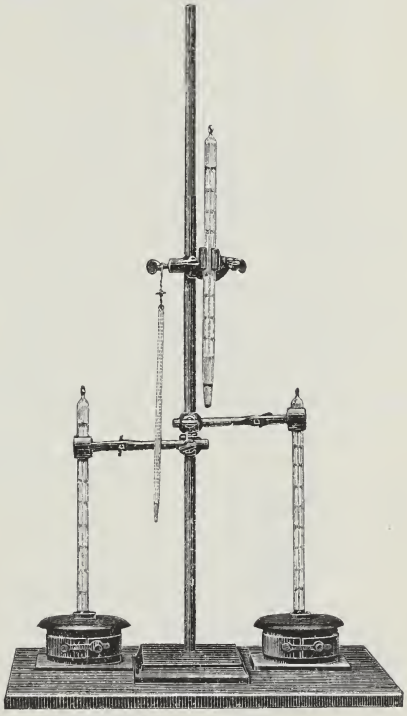


Fig. 16.

Die Mahlungsfeinheit wird an Hand metallischer Siebdosen mit Bajonettverschluss die nach Bedarf und Umständen bald von Hand, bald maschinell bedient werden, geprüft. Wir benützen in beiden Fällen bei Schlacken- und Portland-Cementen Siebdosen mit 900 und 4900 Maschen auf den cm^2. Das 900-ter Sieb ist das Normalsieb; die Drahtstärke desselben beträgt 0,1 *mm*. Hydraulische Kalke und Roman-Cemente — erstere sind fettig und versetzen die Maschenöffnungen des Feinsiebes — werden ausschliesslich mittels des 900-ter Siebes auf ihre Mahlungsfeinheit kontrolliert.

Bei Anwendung beider Siebe wird stets vorerst der Rückstand am 900-ter Sieb erhoben und aus dem, das Sieb passierenden Mehl, das Staubfeine am 4900-ter Maschensieb ausgesiebt.

Zur maschinellen Sieberei dienen die, an der Transmission unserer Cementwerkstätte gehängten Rüttelapparate, vergl. Fig. 7, in welche je nach Bedarf Siebdosen bespannt mit dem 900-ter Siebtuche, oder bespannt mit beiden in Anwendung stehenden Siebtuchsorten, eingeschaltet werden.

Bei sämtlichen Bindemitteln beträgt die Einwage 50 *gr.* Da Siebversuche stets im Doppel ausgeführt werden, hat man die zurückgewogenen Siebrückstände der Einzelversuche einfach zu addieren, um deren prozentualen Wert zu erhalten.

k. Prüfung der Porosität hydraul. Bindemittel und deren Mörtel in festem Zustande.

Der bei ca. 110° C. bis zum konstanten Gewicht getrocknete Körper von Wallnussgrösse wird gewogen, durch schnelles, wiederholtes Eintauchen in flüssiges Paraffin mit einer ca. 1—2 *mm* dicken Paraffinschicht umhüllt, wobei eingeschlossene Luftbläschen mittels eines warm gemachten Eisenstiftes entfernt werden. Ist der Körper auf Lufttemperatur abgekühlt, so wird er nochmals gewogen und als Gewichtsdifferenz das anhaftende Paraffingewicht bestimmt.

Aus dem erhobenen Paraffingewicht G_p und dessen spezifischen Gewicht ($\gamma = 0{,}93$) berechnet man nach:

$$V_p = \frac{G_p}{0{,}93} \text{ in } cm^3$$

das Paraffinvolumen.

Ist nun:

G in *gr* das Körpergewicht ohne Umhüllung,

V der cm^3 das Gesamt-Volumen des Körpers + Umhüllung,

γ das spezifische Gewicht der Substanz ohne Poren, welches nach Anleitung der auf Seite 75 u. f. beschriebenen Methoden in besonderer Probe an getrocknetem Mehl des Körpers erhoben wird, dessen Feinheit dem 900-ter Maschinensieb entspricht,

δ das spezifische Gewicht der Substanz mit Poren, berechnet aus

$$\delta = \frac{G}{V - V_p},$$

so beträgt die Porosität der Substanz in Prozenten seines Volumens:

$$n = 100 \frac{\gamma - \delta}{\gamma}.$$

Zur Bestimmung des Gesamtvolumens V des Körpers mit seiner Paraffinumhüllung benützen wir das in Fig. 17 dargestellte Volumometer. Dasselbe besteht aus einem Stativ, einer gut geteilten Burette (mit $^1/_{10}$ cm^3 Teilung), endlich aus einem dickwandigen, gläsernen Messgefäss mit geschliffenem Rand und bestimmten Inhalt bis zur Nadelspitze. Die Burette wird mit destilliertem Wasser gefüllt und der Fassungsraum des mittelst Libelle horizontal gestellten Messgefässes durch einen blinden Versuch kontroliert.

Nachdem der Apparat in versuchsgerechten Zustand versetzt wurde. wird der Probekörper in das Messgefäss eingeführt und aus der Burette so lange, schliesslich tropfenweise, Wasser zufliessen gelassen bis das Wasserniveau die Nadelspitze erreicht. Beobachtet man die Lage des Spiegelbildes der Nadelspitze im Wasser, so lässt sich der Moment der Berührung der Nadelspitze und Wasserniveau recht genau bestimmen. Aus dem bekannten Volumen des Messgefässes und des bei der Probe verbrauchten Wassers geht als Differenz das gesuchte Körpervolumen hervor.

Die Volumenbestimmung ist bei ca. 15° C. Lufttemperatur auszuführen.

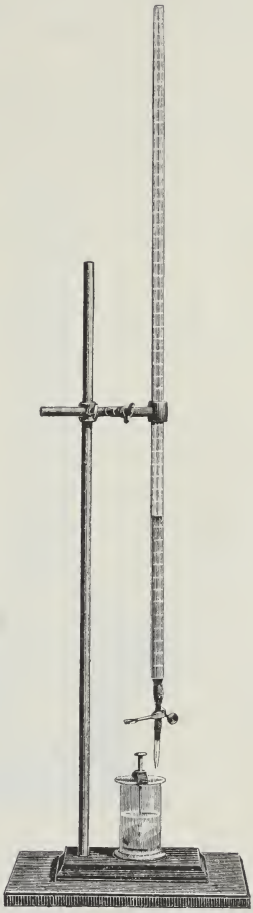


Fig. 17.

1. Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit.

Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit hydraul. Bindemittel und deren Mörtel (Gemenge mit Sand), dient der in Fig. 18 abgebildete Apparat. Derselbe besteht aus einem

Bodenstück und einer gusseisernen Haube, welche in einer, in cm^3 geteilten Glasröhre ausläuft. Zwischen dem Bodenstücke und der Haube wird der zu prüfende Probekörper zwischen Gummischeiben mit 4,5 *cm* Lochweite eingeklemmt. Das, auf einem Betonsockel unwandelbar montierte Bodenstück des Apparats besitzt ein, mit Manometer ausgerüstetes Flanschenrohr, welches an die Wasserleitung unserer Anstalt (mit ca. 4,5 atm. Überdruck) angeschlossen ist. Zwischen Bodenstück und Wasserleitung wurde zum Leeren des Apparats und behufs

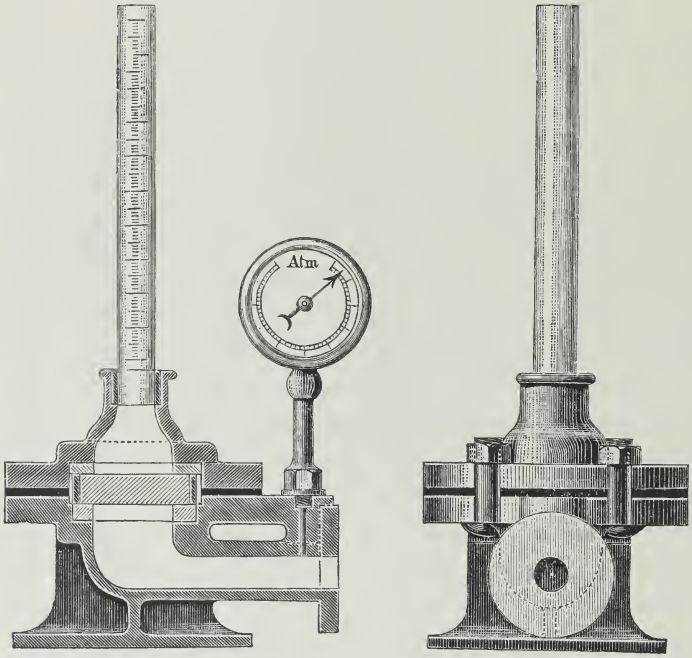


Fig. 18.

Regulierung allfälliger Schwankungen des Wasserdrucks, ein T-Stück mit Ablasshahn eingeschaltet. Während des Versuchs steht dieser Hahn teilweise geöffnet, so dass das überschüssige Wasser abfliessen kann. Selbstredend ist auf diesem Wege eine exakte Regulierung der auftretenden Druckschwankungen nicht erreicht; immerhin zeigt das Manometer nun mehr unwesentliche Schwankungen. Die Erzeugung der Probekörper geschieht von Hand. Das zu prüfende Bindemittel wird mit dem, in solchen Fällen meist mit gelieferten Bausande — Normalsand kommt blos bei vergleichenden Versuchen zur Anwendung — zum Mörtel in

gewünschtem Mischungsverhältnisse angerührt und, je nach Auftrag, bald in flüssiger, bald in teigartig-plastischer oder in der Konsistenz feuchter Gartenerde in Messingringe von 7,2 *cm* lichter Weite und 2,0 *cm* Höhe eingebracht. Mörtel in der Konsistenz feuchter Gartenerde werden nach Art der Zugproben von Hand mittelst Spatel eingeschlagen; alle andern eingerüttelt oder eingegossen.

Sämtliche Probekörper erhärten die erste Zeit (Portland-, Roman- und Schlackencemente mindestens 24 Stunden, hydraul. Kalke 3×24 Stunden) in feucht gehaltenem Schranke, aus welchem sie je nach Auftrag oder Zweck der Untersuchung, unter Wasser gesetzt oder bis zur Vornahme der Prüfung an der Luft belassen werden.

Die Prüfung der Durchlässigkeitsverhältnisse der in vorstehend beschriebener Art erzeugten und behandelten Probekörper geht schliesslich folgendermassen vor sich:

Die Probekörper werden unter einer Luftpumpe vorsichtig mit Wasser gesättigt; hierauf samt deren Umfassungsringen zwischen die erwähnten Gummischeiben, bei mit Wasser vollständig gefülltem Bodenstücke, in den Apparat gespannt. Mittelst Kautschukschlauch wird die Haube des Apparats mit Wasser bis auf eine beliebige Marke des Messrohres gefüllt, abgelesen und der Probekörper durch Öffnen des Absperrventils der Wasserleitung unter Druck gesetzt. Nach Verfluss von 1, 2, 4, 8, 24 und mehr Stunden wird abgelesen und das Ergebnis der Messung auf die Einheit der Zeit und der, dem Drucke ausgesetzten Fläche des Probekörpers bezogen.

m. Prüfung der Abnützbarkeit.

Zur Prüfung der Abnützung dient Prof. *Bauschinger's* Schleifapparat unter Einhaltung des von ihm angegebenen und erprobten Prüfungverfahrens. Der Apparat besteht im wesentlichen aus einer horizontalen, ca. 3,0 *cm* dicken, eben abgerichteten Gussscheibe mit 122 *cm* Durchmesser, welche auf einer oben angetriebenen Welle unwandelbar aufgekeilt sitzt. Am Gestelle, das zur Lagerung und Führnng der Antriebswelle der Schleifscheibe und deren Antriebsmechanismen dient, sind in der Richtung des Halbmessers verstellbar 2 gegenüberliegende

Führungsrahmen angebracht, die mit ca. 3 *mm* Spielraum über der Schleifscheibe schweben und zur Aufnahme der Probekörper dienen. Zur Verhinderung des Schlotterns und Teilnahme der Probekörper an der Bewegung der Schleifscheibe sind der Maschine 3 Garnituren gusseiserner Rähmchen beigegeben, die in die Führungsrahmen passend, gestatten Probekörper mit 6×6 *cm*, 10×10 *cm* und 12×12 *cm* Schleiffläche einzulagern. Mittelst zweier, an den Führungsrahmen angebrachter Hebelvorrichtungen ist die Möglichkeit geboten einen Druck bis auf absolut 30 *kg* auf den Probekörper auszuüben. Bei jeder 10. Umdrehung der Schleifscheibe ertönt ein Glockenschlag, während ein Tourenzähler die Anzahl der überhaupt vollführten Umdrehungen registriert.

Geschliffen wird bei konstantem Schleifbahnradius, welcher bis auf Weiteres zu 50 *cm* angenommen wurde, mit Naxos-Schmirgel No. 3. Das Aufgeben des Schmirgels erfolgt aus 2 Trichtergefässen, die am Führungsrahmen der Probekörper angeschraubt, je einen von Hand beweglichen Drehschieber besitzen, dessen Höhlungen (Kammern) die vorgeschriebene Schmirgelmenge fassten und auf die Schleifbahnen zu entleeren gestatten. Die Drehbewegung der cylindrischen Schieber ist durch einen Anschlag in der Weise begrenzt, dass während der Einlassschlitz geöffnet ist, der Auslaufschlitz geschlossen bleibt. Es muss also für jedesmalige Aufgeben und Füllen der Schieberkammern auf und bis zum Anschlag zurück gedreht werden.

Zur Bedienung des Apparats gehören 2 Mann, die auf entgegengesetzten Seiten der Scheibe stehend damit beschäftigt sind, den Schmirgel auf die Schleifbahn des Probekörpers zuzustreichen, bezw. den verbrauchten abzustreichen und durch frischen zu ersetzen. Nach je 10 Touren kehrt nämlich abwechselnd der eine Gehülfe die Schleifbahn ab, während der andere aus dem Fülltrichter 20 *gr* (genau 22 *gr*) frischen Schmirgel auf die Schleifbahn leert.

Die Probekörper werden lufttrocken bis auf 0,1 *gr* genau gewogen, in die Maschine eingelegt, mit 30 *kg* belastet, pro 10 Touren mit 20 *gr* Schmirgel versehen und nach 200 Touren zurückgewogen. Das Mittel aus den Ergebnissen 3 aufeinander folgender Schleifperioden wird als massgebender Durchschnitt angesehen und der Gewichtsverlust als Abnützung des Materials

in Anschlag gebracht. Eine besondere Appretur der Probekörper enfällt; dieselben haben aus Gründen ihrer Herstellung stets ausreichend ebene Schleifflächen.

n. Methoden der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse hydraulischer Bindemittel.

a. Allgemeines.

Mit dem Zwecke einer Untersuchung wechselt die Methode, die Art und das Hülfsmittel der Prüfung hydraulischer Bindemittel. Das eidgenössische Festigkeitsinstitut befasst sich derzeit entweder mit *der Kennzeichnung der Qualität und der Bindekraft* hydraulischer Bindemittel, oder mit *der Ermittlung von Koeffizienten zur Dimensionenberechnung* von Baukonstruktionen, also mit der Bestimmung der Koeffizienten der Mechanik und wissenschaftlichen Untersuchungen zur Erforschung der physikalisch-chemischen Eigenschaften der hydraulischen Bindemittel überhaupt.

Das Prüfungsverfahren zur Kennzeichnung der Qualität und der Bindekraft hydraulischer Bindemittel ist selbständig ausgebildet und liefert Zahlenwerte, die als Wertmesser zur Vergleichung dienen, dagegen zur Dimensionenberechnung in der Regel unbrauchbar sind. Umgekehrt liefert das Prüfungsverfahren zur Ermittlung von Koeffizienten der Mechanik Zahlenwerte, die das Abhängigkeitsverhältnis der Form und der Formveränderungen zur Anstrengung zum Ausdrucke bringen und an sich wieder von der Art der Erzeugung der Probekörper und der Grösse der absoluten Kraftentfaltung des Bindemittels in einer bestimmten Erhärtungsphase abhängig sind. Wissenschaftlichen Arbeiten muss daher die Erhebung der Güte und der absoluten Kraftentfaltung des Bindemittels voraus eilen und sind die Ergebnisse dieser kennzeichnenden Prüfung bei Beurteilung und Verwendung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeiten in Anschlag zu bringen.

Mit Rücksicht hierauf musste es unsere Aufgabe sein, vorerst ein unantastbares, von Zufälligkeiten, Willkür und Personalfehlern möglichst unabhängiges Prüfungsverfahren zur Kenn-

zeichnung der relativen Wertverhältnisse hydraul. Bindemittel auszubilden. Bis zum Jahre 1882 haben wir nach Anleitung der deutschen Normen gearbeitet; in diesem Jahre die Druckfestigkeit, erhoben an würfelförmigen, von Hand erzeugten Probekörpern, als Wertmesser eingeführt und in den darauf folgenden Jahren, im Einklange mit den Bestrebungen der Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden, insbesondere im Benehmen mit Fachgenossen und Cementtechnikern der Nachbarstaaten die maschinelle Förmerei der Probekörper durchgeführt. Das zuerst hier eingeführte Prinzip der Ermittlung der erforderlichen Menge Anmachwassers sowie der unserer Einrichtung zu Grunde gelegte Arbeitsaufwand (0,3 *mk* pro 1,0 *gr* trockener Mörtelsubstanz 1 : 3) bei Formung der Probekörper ist mit gutem Erfolg auch in die Normen der Prüfung hydraul. Bindemittel anderer Staaten übergegangen. An dieser Stelle darf die Bemerkung eingeschoben werden, dass die neuester Zeit in Deutschland aufgetauchte Verwahrung gegen die Übertragung des für den Portland-Cement ausgebildeten Prüfungsverfahrens auf andere hydraul. Bindemittel, als völlig unbegründet, hier unberücksichtigt bleibt. Die Bindekraft des Portland-Cementes an Sandmischungen festzustellen ist kein Spezifikum desselben; das Mischungsverhältnis (1 : 3) in Gewichtsteilen auszudrücken darf angesichts der erforderlichen Einheitlichkeit des Prüfungsverfahrens nicht preisgegeben werden. Das Argument, wonach andere, wohlfeilere hydraul. Bindemittel Festigkeitswerte liefern, die diejenigen des Portlands in Normenmischungen erreichen und überschreiten ist gerade ein Beweis für deren wertvolle Kraftentfaltung, und vermag diese Thatsache an sich Änderungen im Prüfungsverfahren nicht zu rechtfertigen; dies um so mehr, als man in der Feststellung der Selbst- und Kiesfestigkeit sowie anderer Eigenschaften, wie: Härte, Widerstandsfähigkeit gegen Abnützung, Frostbeständigkeit u. d. m. ausreichende Mittel zur Nachweisleistung der Überlegenheit des einen Bindemittels über das andere besitzt. Die Ansicht, dass die Praxis die Bindemittel in Volumen-Mischungen verwendet, trifft den Portland ähnlich allen andern Bindemitteln und sind wir überdies der Meinung, dass einmal dieses Verfahren mit dem Prüfungsverfahren zur Kennzeichnung der Kraftentfaltung und der Bindefähigkeit hydraul. Bindemittel überhaupt

nichts gemeinsam hat, anderseits die Technikerschaft, besser belehrt, früher oder später vom heutigen Gebrauche abkommen, und den Bedarf an Bindestoff bei Ausführungen in *Gewichtseinheiten auf den Kubikmeter* des Mörtels oder des Bétons vorschreiben und in Kalkulation bringen wird.

Zur Kennzeichnung der Kraftentfaltung und der Bindekraft eines hydraul. Bindemittels dient:

Die *statische Zug- und Druckprobe* (Zug- und Druckfestigkeit) des Materials ohne Sandzusatz sowie in Sandmischungen (ausgedrückt in Gew. Th.). Als Sandmaterial gelangt der s. g. Schweiz. Normalsand zur Anwendung.

Zu wissenschaftlichen Zwecken, für den Zweck der Koeffizienten-Bestimmung der Mechanik, können alle statischen und dynamischen Festigkeitsarten unter Anwendung von Bausand, rundem Geschiebskies, Schlägelstein, Schlackenschotter u. d. m. in Betracht fallen. Hier bleiben lediglich nur konkrete Bedürfnisse der Praxis und die Bestimmungen spezieller Arbeitsprogramme dafür massgebend, ob das Bindemittel hinsichtlich seiner Elastizität und Festigkeitsverhältnis bei Inanspruchnahme auf äussern oder innern Druck, auf Knickung, Abscherung, Biegung, Stoss etc. zur Probe gelangt.

Bis anhin hat sich das eidg. Festigkeitsinstitut der Hauptsache nach mit der Ausbildung des Prüfungsverfahrens zur Kennzeichnung der Qualität des Materials, mit der Untersuchung der chemisch-physikalischen Eigenschaften der Bindemittel befasst und die Koeffizienten-Bestimmung der Mechanik auf spätere Zeiten verspart.

β. Art der Erzeugung und Behandlung der Probekörper.

Form und Abmessungen der Probekörper. Die Zerreissproben erhalten die deutsche 8-ter Form mit 5 cm^2 Querschnittfläche an der schwächsten Stelle. Die Druckproben sind ausnahmslos in Würfelform mit 7 *cm* Kantenlänge erzeugt. Das Volumen einer Zerreissprobe beträgt: 70,0 cm^3; dasjenige der Druckprobe: 343 cm^3.

Erzeugung und Behandlung der Probekörper der Selbstfestigkeit. Man bestimmt die zur Normalkonsistenz des Bindemittelbreies erforderliche Wassermenge, — vergl. Seite 99 des vorliegenden

Heftes — rührt sodann mit der, um die Einheit (z. B. bei 33% Normalkonsistenz, mit 32%) abgeminderten Wassermenge die vorgewogene Menge des zu prüfenden Bindemittels zu einem steifen Brei, wobei Langsam- und Mittelbinder 3 Min., Raschbinder 1 Min. lang ununterbrochen durchgearbeitet werden, und füllt sodann auf einmal die auf eisernen, behobelten Eisenplättchen gelagerten Modelle der Zug- und Druckproben auf, rüttelt die Masse so lange durch leichtes Aufschlagen der Basisplättchen auf den Arbeitstisch, bis keine Luftblasen mehr entweichen und überlässt die so gefüllten Modelle sich selbst. Nach Eintritt des Erhärtungsbeginns, vor derjenigen der Bindezeit werden die Modelle eben abgestrichen und die Körper ausgeschalt, so bald die Erhärtung so weit vorgerückt ist, dass eine nachträgliche Formveränderung der Proben nicht mehr zu befürchten bleibt. Nach 24-stündiger, Proben in hydraul. Kalk nach 3 × 24 stündiger Lufterhärtung in feucht gehaltenem Schranke, gelangen die Probekörper in Wasserbäder von ca. 14° C., soferne der Zweck der Untersuchung des Materials eine anderartige Behandlung, z. B. eine weitere, ausschliessliche Lufterhärtung, nicht bedingt. Ausnahmsweise kam eine andere Art der Erzeugung der Probekörper der Selbstfestigkeit in Anwendung; so bei Verarbeitung von rheinischem Trass, wo versucht wurde, die in der Konsistenz feuchter Gartenerde angemachte Masse maschinell, unter Anwendung von 0,3 *mk* Arbeit pro 1,0 *gr* des trockenen Bindemittels, in die Modelle einzurammen. Das grosse Volumen der Masse und das lästige Steigen aus dem Modell während des Rammens veranlasste bei Verarbeitung der italienischen Puzzolanen die Methode fallen zu lassen und unter Beibehaltung der Breikonsistenz zur Handarbeit zu greifen.

Erzeugung und Behandlung der Probekörper der Sandfestigkeit. Zur Kennzeichnung der Bindekraft eines hydraul. Bindemittels dient ausnahmslos ein Mörtel aus 1,0 Gew. Teile Bindemittel auf 3,0 Gew. Teile Normalsand. Der letztere ist ein künstlich, aus quarzigen Aaregeschieben gewonnener, zwei Mal gewaschener Sand, welcher durch ein Sieb von 64 Maschen pro cm^2 hindurchgeht und auf einem solchen mit 144 Maschen liegen bleibt. Die Drahtstärke der Siebtücher beträgt

beim Sieb mit:	64 Maschen	144 Maschen
	0,4 *mm*	0,3 *mm*.

Der schweiz. Normalsand ist kein reiner Quarzsand; er enthält wechselnde, an sich unwesentliche Mengen fremdartiger Stoffe, vorwiegend Kalksteinkörner. Sein Gewicht beträgt, lose eingefüllt pro Liter: ca. 1,35 *kg*; eingerüttelt ca. 1,60 *kg*.

Bis zum Jahre 1886 haben wir sämtliche Probekörper von Hand erzeugt. Die Zerreissproben wurden in die bekannten, deutschen 8-ter Formen mittelst Spatel von ca. 350 *gr* Gewicht, 35 *cm* Länge und 5 auf 8 *cm* Aufschlagfläche eingeschlagen. Für das Verfahren der Erzeugung dieser Probekörper waren und sind heute noch folgende Bestimmungen massgebend:

Die gehörig gereinigten, mit Wasser ganz schwach befeuchteten Formen werden auf eine ebene Eisenplatte verlegt, sodann mit dem angemachten und vorschriftsmässig durchgearbeiteten Mörtel auf einmal so hoch angefüllt, dass ein nachträgliches Aufbringen von Mörtel vermieden wird. Hierauf wird der Mörtel zunächst durch schwache, später kräftigere Spatelschläge so lange komprimiert, bis derselbe plastisch wird und die charakteristische Wasserabsonderung eintritt. Die Oberfläche des Probekörpers wird hierauf abgestrichen, geglättet und der Probekörper je nach Beschaffenheit des Bindemittels, in der Regel sofort, ausgeschalt.

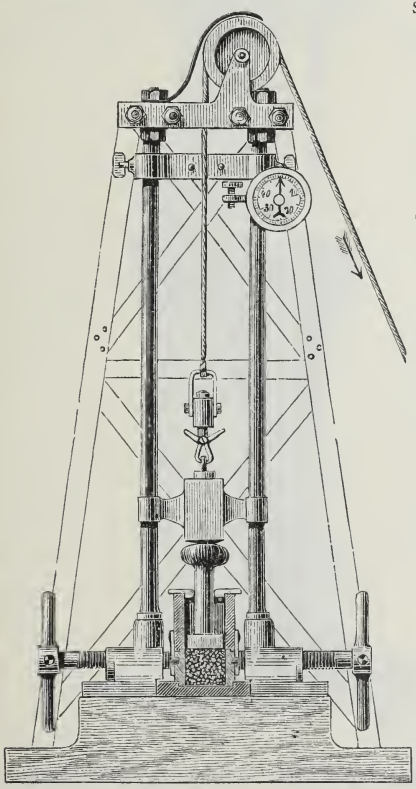


Fig. 19.

In den Jahren 1885—86 bedienten wir uns des in Fig. 19 dargestellten Rammapparats zur maschinellen Ermittlung des Anmachwassers und zur Feststellung der Dichte der Probekörper. 750 *gr* trockener Mörtelsubstanz wurden mit 0,1 *mk* Arbeit pro 1,0 *gr* Mörtel durch 15 Schläge, unter Zusatz einer vorläufig angenommenen Menge Anmachwassers komprimiert. Die Wassermenge galt als richtig

gewählt, so bald beim letzten Schlag der Probekörper die charakteristische Wasserabsonderung (schwache Schlamm-Absonderung) eintrat.

Das sofort festgestellte Gewicht der Kubik-Einheit des komprimierten Mörtels galt als normal und war bei Handarbeit sowohl in den Zug- als Druckproben einzuhalten, was durch fortwährende Kontroll-Wägungen leicht und ohne nennenswerte Zeitverluste zu erreichen war.

Dieses Verfahren wurde indessen schon 1886 durch die maschinelle Förmerei der Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit verdrängt, als die in Fig. 20 und 21 dargestellten *Klebe*'schen Rammapparate erstellt waren und sich als zweckdienlich erwiesen hatten. Die Apparate haben es ermöglicht, das viel umstrittene Princip »*die Probekörper der Zug- und*

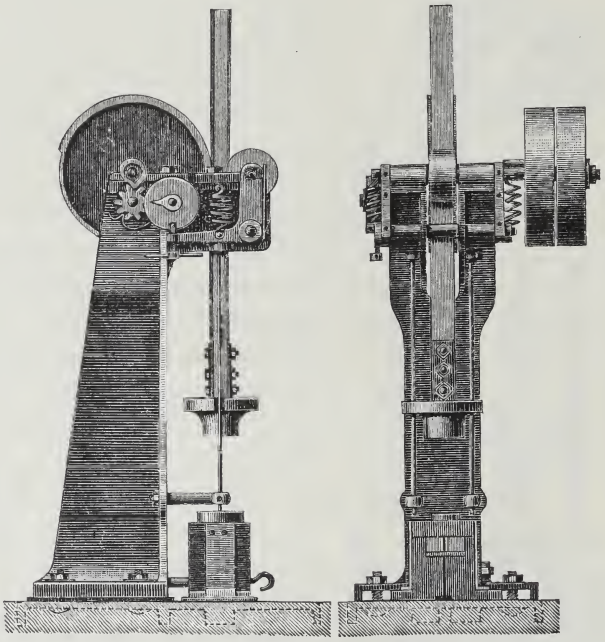


Fig. 20.

Druckfestigkeit in gleicher Dichte und mit derjenigen Wassermenge zu erzeugen, die die einmal angenommene Einheit der Rammarbeit ergiebt« zu verwirklichen und damit die Frage der Bestimmung der Menge des erforderlichen Anmachwassers und der mechanischen Förmerei der Probekörper abzuschliessen.

Eine eingehende Beschreibung der *Klebe*'schen Rammapparate ist wohl überflüssig; die Einzelheiten ihrer Konstruktion gehen aus den Fig. 20 und 21 zur Genüge hervor. Man sieht, die Apparate bestehen im wesentlichen aus einem Fallhammer, welcher an einer mit Leder belegten Hubleiste befestigt, sich

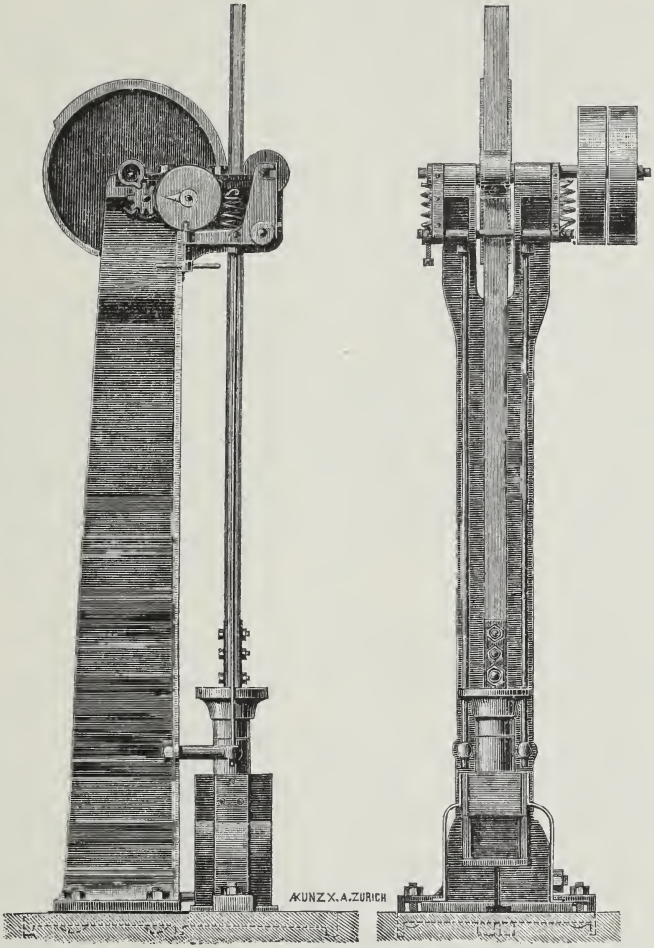


Fig. 21.

mit dieser auf und nieder bewegt. Das obere Ende der Hubleiste liegt zwischen zwei Friktionsscheiben, von welchen die eine als Leerrolle, durch eine Schraubenstellvorrichtung gegen die Hubleiste gedrückt wird, während die andere von Hand oder an eine Transmission gehängt, also maschinell angetrieben

werden kann. Letztere ist auf einen Teil ihres Umfangs, der der Hubhöhe des Hammers entspricht gerauht, während der andere glatt gearbeitet und soweit zurückgesetzt ist, dass sich zwischen Rolle und der angetriebenen Friktionsscheibe ein hinreichender Spielraum ergiebt, um einen reibungslosen Fall des hochgenommenen Hammers zu ermöglichen. Durch Daumen und Räderwerk mit Mitnehmern wird die Vollscheibe, auf deren Umfange im Gange des Apparats das Ende der Stellschraube des Winkelhebels der kleinen Friktionsrolle schleift, nach je 10 Hammerschlägen um einen Zahn vorwärts geschaltet, bis endlich die vorgeschriebene Tourenzahl abläuft und die Stellschraube in eine Nuht der Vollscheibe fällt, vergl. Fig. 20 u. 21, wodurch die Hubleiste gänzlich ausgeschaltet wird und der Hammer nicht wieder gehoben werden kann.

Wiederholte Umänderungen haben die Formen, Aufsätze und die Klemmvorrichtungen derselben gefordert, bis sich diejenigen Konstruktionen ergaben, die aus der Fig. 20 und 21 ersichtlich sind und nicht weiter besprochen zu werden brauchen.

Die Bestimmung der Menge des Anmachwassers sowie die Erzeugung der Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit geschieht seit 1886 ausschliesslich maschinell und zwar mit einem Arbeitsaufwande von 0,3 *mk* pro 1,0 *gr* trockener Mörtelsubstanz.

Die Bestimmung des erforderlichen Anmachwassers geht nun folgendermassen vor sich:

750 *gr* Mörtelsubstanz (1:3) werden zunächst trocken gemengt, sodann mit einer vorläufig angenommenen Wassermenge gleichmässig angefeuchtet und vorschriftsmässig d. h. bei Langsam- und Mittelbindern 3 Min., bei Raschbindern 1 Min. lang ununterbrochen durchgearbeitet. Der so gewonnene Mörtel wird nun auf einmal in das Modell des Rammapparates gefüllt und durch 150 Schläge mit 3,0 *kg* aus 0,5 *m* Höhe komprimiert. Nach dem letzten Schlag wird der gewonnene Körper ausgeschalt und auf seinen Feuchtigkeitsgrad geprüft. Die Wassermenge wird als korrekt gewählt bezeichnet, wenn der Probekörper die charakteristische Wasserabsonderung mit beginnender Schlammbildung zeigt. Nach unsern Erfahrungen ist diese Bedingung stets erfüllt, wenn beim ca. 100-sten Schlag, der auf der Vollscheibe des Apparats sichtbar gemacht ist, die Wasser-

absonderung beginnt, was am Herausspritzen der Wasserpartikelchen bequem und sicher zu beobachten ist. Auf dem beschriebenen Wege ist es möglich geworden, die erforderliche Menge des Anmachwassers der Natur und Beschaffenheit des zu prüfenden Materials auf ¼ % genau anzupassen.

Ist die Wassermenge bestimmt, so beginnt *die Erzeugung der Probekörper*. Unter Einhaltung der ermittelten Wassermenge, und der für die Durcharbeitung des angefeuchteten Mörtels festgesetzten Zeit werden 950 *gr* trockener Mörtelsubstanz (1:3) angerührt, hiervon 200 *gr* + das auf diese Mörtelmenge entfallende Wassergewicht, auf einer bereit stehenden Schalenwage zurückgewogen und diese Mörtelmasse in die Formmaschine der Zugkörper aufgegeben. Der Rest an Mörtel (750 *gr* + Wasser) gelangt in die Form des Druckkörper-Formapparats. Nach Hinwegnahme der Trichter werden die stählernen Stempel in die Aufsätze der Modelle eingebracht, die Führungsringe abgelassen und die Fallhämmer in Bewegung gesetzt, welche den Mörtel der Zugkörper durch 120 Schläge mit 2,0 *kg* aus 0,25 *m* Höhe, denjenigen der Druckkörper nach wie vor durch 150 Schläge mit 3,0 *kg* aus 0,50 *m* Höhe komprimieren. Nach dem letzten Schlag werden die Spannköpfe der Modelle unter den Hämmern vorgezogen, die Aufsätze entfernt, der überschüssige Mörtel abgeschnitten und die Oberflächen der Probekörper geglättet.

Die Ausschalung der Probekörper der Zugfestigkeit erfolgt sofort, diejenige der Druckkörper nach Eintritt des Erhärtungsbeginnes.

Mit Ausschluss der hydraul. Kalke, welche erst nach 3-tägiger Luftlagerung unter Wasser gelangen, werden die Probekörper sämtlicher Bindemittel die ersten 24 Stunden in einem geschlossenen, mit Wasserdampf gesättigten Raume an der Luft, die übrige Zeit bis unmittelbar zur Vornahme der Probe unter Wasser von ca. 14° C. aufbewahrt.

Das Wasser, in welchem die Probekörper erhärten, wird in den ersten 4 Wochen alle acht Tage erneuert.

Vorstehend beschriebene Methode der Erzeugung und Behandlung der Probekörper der Sandfestigkeit ist ausschliesslich bei den wiederholt genannten, das Material »*kennzeichnenden*« sog. *Normenproben* üblich. Von diesem Verfahren wird jederzeit

abgewichen, wenn der Zweck der Untersuchung dies fordert, was indessen Fall für Fall angegeben und näher beschrieben wird.

Erzeugung und Behandlung der Probekörper der Kiesfestigkeit. Zu Zwecken der Koeffizienten-Bestimmung für Bedürfnisse des Baufaches wurden bisher an Béton lediglich nur Druckproben ausgeführt. Die Probekörper erhalten Würfelform mit ca. 16 *cm* Kantenlänge. Die Art ihrer Erzeugung lehnt sich in jeder Hinsicht an den Gebrauch im Grossen an und wird Fall für Fall näher bestimmt. Im Grossen und Ganzen geht diese folgendermassen vor sich:

6 schwere, mit behobelten Eisenplatten gefütterte eichene, vierteilige Modelle werden nach gehöriger Reinigung und leichtem Einfetten der Eisenplatten, bei Raschbindern stückweise, bei Mittel- und Langsambindern paarweise oder zu dritt, mit dem vorangehend angemachten und durchgearbeiteten Béton gefüllt. Je nach Zweck der Untersuchung wird dieser bald in gussgerechter, bald in stampfgerechter Konsistenz auf dem Boden unserer Cementwerkstätte stets in grösserem Quantum in der Art erzeugt, dass zunächst der dem Arbeitsprogramme entsprechende Mörtel erstellt und diesem der angefeuchtete Kies zugesetzt wird. Dass die Mörtelkomponenten vorerst in trockenem, sodann in angefeuchtetem Zustande so lange durchgemischt werden, bis das Gemenge eine homogene Masse bildet, dass sodann dem Mörtel der Kies zugegeben und mit diesem durch wiederholtes Durchschaufeln und Durchstechen der Masse so lange gemengt wird, bis sämtliche Kieskörner mit Bindemittel bezw. Mörtel umlagert erscheinen, ist selbstredend. Ist der Béton in gussgerechtem Zustande, so wird derselbe in die Modelle einfach eingeschaufelt, inzwischen mit einer spitzigen Kelle ein paarmal durchgestochen und sich selbst überlassen. War die Bétonkonsistenz eine stampfgerechte, so wird derselbe lagenweise aufgegeben und mittelst einer kleinen ca. 10 *kg* schweren Handramme so lange komprimiert bis die Masse elastisch geworden und eine geringe Wasserabsonderung eintrat. Ist die Erhärtung des Bindemittels soweit vorgerückt, dass der Probekörper ohne Gefahr der Beschädigung ausgeschalt werden kann, so wird dieser samt dem vierteiligen Modell von der Bodenplatte abgehoben, auf einen bereit stehenden, grössern

Steinwürfel aufgesetzt und die Modellschliessen geöffnet, worauf die Seitenwände des Modells meist ohne weiteres zu Boden fallen und der ausgeschalte Probekörper von seinem Lager abgehoben werden kann.

Die Druckflächen entsprechen den Begrenzungsflächen der Würfel in der Richtung ihrer Erzeugung (der Stampfrichtung). Dieselben erhalten eine ca. 1 *cm* starke Portland-Cementschicht, welche zwischen behobelten Eisenplatten erhärtet, so dass auf diese Weise ohne weiteres ebene und parallele Druckflächen gewonnen werden, welche überdies unmittelbar vor der Druckprobe auf einer ebenen Gussplatte mittelst Naxos-Schmirgel Nr. 3 noch nachgeschliffen werden.

Die so erzeugten Würfel gelangen in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen je nach Arbeitsgrogramm unter Wasser oder bleiben bis zur Zeit ihrer Prüfung an der Luft.

Erzeugung und Behandlung der Probekörper der Adhäsionsfestigkeit. Zur Vornahme der Prüfung der Adhäsions- oder Haftfestigkeit hydraul. Bindemittel kamen im eidg. Festigkeitsinstitute zu verschiedenen Zeiten verschiedene Methoden der Erzeugung und der Behandlung der Probekörper in Anwendung; so

kreuzweise zusammengekittete Ziegelplättchen,
» » gleichmässig gerauhte Glasplättchen,
» » gleichmässig gerauhte Biscuitplättchen u. d. m.

Die ausgeführten Versuche haben indessen nicht befriedigt, teils weil bei Anwendung gebrannter Thonplättchen materiell fremde Einflüsse mitspielen, die die Probeergebnisse trüben, teils weil bei Anwendung von wasserundurchlässigem Plattenmateriale durch das, aus dem Brei oder Mörtel ausgestossene Wasser und den sich bildenden Schlamm sekundäre Wirkungen entstehen, die den Wert der Untersuchung oft gänzlich illusorisch zu machen im Stande sind.

Dr. *Michaëlis* neueste Methode der Prüfung der Haftfestigkeit konnte noch nicht erprobt werden. Die Anstalt hat indessen die *Michaëlis'*schen Gerätschaften zur Erzeugung der Probekörper und Ausführung der Adhäsionsproben angeschafft

und wird in gegebenem Falle nach der neuen Michaëlis'schen Methode zu arbeiten suchen. Die angegebene Methode gilt zunächst für den Portland-Cement; ob und mit welchen Modifikationen dieselbe sich auch auf andere hydraul. Bindemittel übertragen lässt, kann nur die Erfahrung lehren.

Dr. Michaëlis empfiehlt:

»Haftkörper aus Portland-Cement und Normalsand von der Form Fig. 22 herzustellen; man verwendet dazu einen Mörtel aus 1 Gewt. Portland-Cement, durch das 900 Maschensieb abgesiebt, und 2 Gewt. Normalsand. Diese Haftkörper werden in der

Fig. 22.

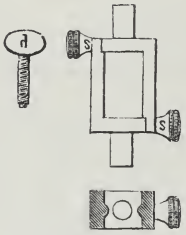


Fig. 23.

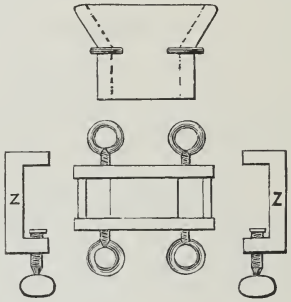


Fig. 24.

zweiteiligen Form Fig. 23 genau so wie Zugfestigkeitskörper, durch Einschlagen eines erdfeuchten Mörtels erzeugt. Nach dem Abstreichen des Mörtels — ohne besonderes Glätten der Oberfläche wird die Form gelöst, was nach Entfernung der Schrauben s—s mittelst zweier Druckschrauben d—d geschieht. Die Haftkörper erhärten dann den ersten Tag an der Luft, von da ab unter Wasser, bis zum Gebrauche. Vor der Benutzung werden die Seitenflächen des Haftkörpers mit einer flachen Feile glatt gefeilt, um die Rauhigkeiten zu beseitigen, welche beim Entformen des weichen Mörtelprismas sich bilden, die Kehlungen werden mit einer passenden Rundfeile geglättet; es geschieht dies, damit der Haftkörper in die Haft-Kastenform Fig. 24 hineinpasst. Die Haftfläche wird bis 1 Minute mit Schmirgel Nr. 3 nach dem Abtrocknen abgerieben, um immer eine gleiche Rauhigkeit zu erzeugen. Das Prisma wird mit der Haftfläche nach oben in die Kastenform Fig. 24 eingesetzt, der vorher erwähnte Mörtel aufgegeben und in der üblichen Weise mit dem Spatel eingeschlagen und abgestrichen. Der Haftkörper

mit dem sich nach oben verbreiternden Mörtel wird darauf sogleich über einen passenden Holzkern aus der Kastenform ausgedrückt. Damit aber der Haftkörper beim Abheben der Kastenform sich nicht vom Mörtel absacken kann, hat man vor dem Einbringen und Einschlagen des Mörtels, die Kastenform mit dem Haftprisma auf ein dünnes etwa 1—2 *cm* breites Band gestellt; man ergreife jetzt die Enden des Bandes, ziehe dieselben straff nach oben an und hebe so mit beiden Händen die Kastenform auf den Holzkern, über welchen man nun die Kastenform nach Loslassen des Bandes niederdrückt.

Es ist für die Herstellung tadelloser Versuchskörper sehr wichtig, dass bei dieser Operation der Haftkörper immer noch gegen den Mörtel angedrückt werde. Ein Auseinandernehmen der Kastenform nach Entfernung der Schraubzwingen *z*—*z* mittelst der Druckschrauben ist viel weniger sicher, da jeder auf den weichen Mörtel ausgeübte Stoss oder Zug eine Lockerung der zunächst äusserst geringen Haftung bewirken kann. Man ergreift nun den Versuchskörper unten am Haftkörper und setzt ihn auf eine feste Unterlage zur Seite; nach 24 Stunden bringt man ihn unter Wasser, wie Zugfestigkeitsproben, oder belässt ihn für Luft-Versuche an der Luft«.

γ. Die maschinellen Hülfsmittel zur Vornahme der Festigkeitsproben.

Zur Vornahme *der Qualitäts-Zerreiss- und Haftprobe* (Adhäsionsfestigkeit) dient der in Fig. 25 abgebildete, s. g. deutsche Normal-Zerreissapparat, ursprünglich angegeben durch *Frühling, Michaëlis & Co.* Die Konstruktion dieses Apparats geht aus der Abbildung hinreichend klar hervor und bedarf keiner nähern Erläuterung. Wir haben es hier mit einem Hebelwerk mit einer Übersetzung 1 : 50 zu thun, das durch Aufhängen von Gewichten jederzeit kontrolierbar ist. Leider ist der Apparat in allen Teilen etwas zu beweglich und vor allem zu schwach gebaut, welcher Übelstand sich bei kräftigen Belastungen, wie solche namentlich beim Zerreissen älterer Proben der Selbst- und Sandfestigkeit unvermeidlich vorkommen, dadurch kund giebt, dass während der Belastung durch den zulaufenden Schrot, die Gewichtsschale oft übermässig tief sinkt und das Hebelwerk die Normalstellung verlässt.

Die Gewichtsschale unseres Apparats mit kegelförmigem Boden hängt unmittelbar unter der Auslauföffnung des Schrotbehälters, welcher, wie die Abbildung zeigt, derart konstruiert ist, dass im Momente des Reissens des Probekörpers die Schrotausflussöffnung durch die abfallende Gewichtsschale selbstthätig geschlossen und die nachfallende Schrotmenge auf ein Minimum gebracht erscheint.

Ist der Apparat ausbalanciert, in welchem Zustande die Hebelschneiden in Horizontalebenen liegen, wird die Gewichtsschale eingehängt und der Probekörper centrisch zwischen die Klauen eingelagert. Mittelst des Griffrädchens an der untern

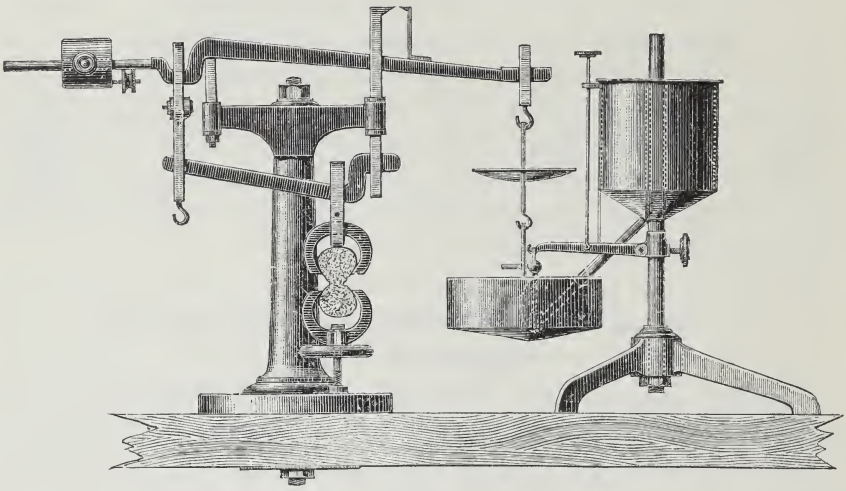


Fig. 25.

Klaue wird die Gewichtsschale hoch genommen und soweit über die Nullstellung erhöht, als beiläufig der Index im Augenblicke des Bruches unter die Gleichgewichtslage fällt. Nun wird der Schrotzulauf geöffnet, wobei pro Sec. ca. 100 *gr* feiner Vogelschrot in die Gewichtsschale fliessen. Ist der Bruch eingetreten, so hebt man die Gewichtsschale aus dem Apparate und wiegt sie auf einer bereit stehenden Zeigerwage ab. Das in *kg* abgelesene Bruttogewicht der Gewichtsschale verzehnfacht giebt die gesuchte Zugfestigkeit des Probekörpers in *kg* bezogen auf 1,0 cm^2 seiner Querschnittsfläche an.

Für den *Adhäsions-Versuch* ersetzt man die Klauen des Zugfestigkeits-Apparates durch die beiden Klammern K_1 u. K_2 Fig. 26. Die untere Klammer K_1, hat zwei mit Spitzendornen versehene Stellschrauben, welche in die Körner der Einspannvorrichtung Fig. 27 eingreifen. Die Klemmbacken dieses Einspannrahmens passen genau in die Hohlkehlen der Haftkörper; man trägt Sorge, dass der Haftkörper genau in die Mitte des Rahmens gespannt wird, genügend genau nach Augenmass geschehen kann.

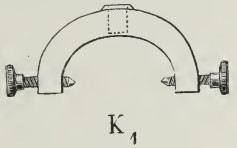


Fig. 26.

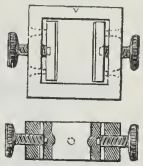


Fig. 27.

Dann bringt man den Versuchskörper mit dem Einspannrahmen zwischen die beiden Klammern des Normalzugfestigkeits-Apparates Fig. 25, adjustiert zunächst die Spitzendorne in den Körnern und zuletzt durch Niederschrauben der Spindel mittelst des Griffrädchens die Oberklammer, ganz analog dem Vorgange bei der Einspannung von Zugproben.

Die Haftfläche ist genau $3 \times 5 = 15\,cm^2$, das Bruchgewicht wird deshalb mit 10 multipliziert und durch 3 dividiert, um die Haftfestigkeit pro cm^2 zu ergeben.

Die Haftkörper können, falls nicht Stücke aus denselben beim Bruch herausgerissen werden, glatt abgefeilt und wieder verwendet werden, nach Herstellung der normalen Rauhigkeit mit Schmirgel Nr. 3, wie oben angegeben.

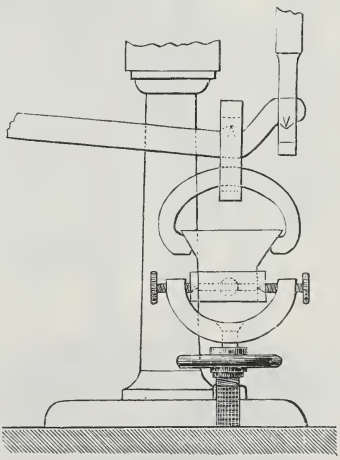


Fig. 28.

Man erkennt, dass man auf dem beschriebenem Wege hinreichend normale Haftkörper herstellen kann, welche für alle Mörtel von 1 Cement und 3 oder mehr Sand stark genug sind. Es steht aber nichts im Wege, aus jedem beliebigen Material, als Ziegelstein, Sandstein, Marmor, Kalkstein oder

Metallen Haftkörper dieser einfachen Form, Prismen von 3×5 *cm* Querschnitt bei 3 *cm* Höhe, mit 2 Hohlkehlen herrichten zu lassen, falls man die Haftfestigkeit irgend eines Mörtels oder Bindemittels zu bestimmten Materialien ermitteln will.

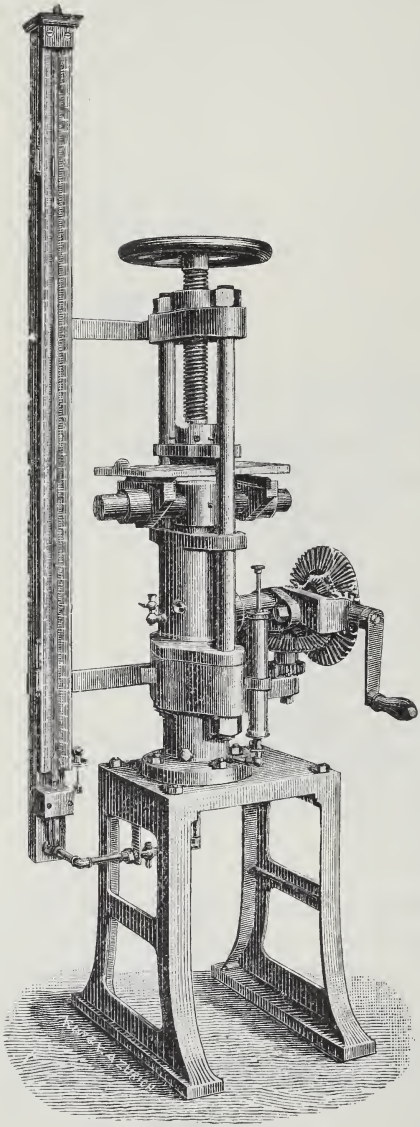


Fig. 29.

Zur *Vornahme von Druckproben* stehen in der eidg. Festigkeitsanstalt 4 verschiedene Maschinen zur Verfügung, welche je nach Kohäsionsverhältnissen der zu prüfenden Objekte in Anwendung gelangen.

Fig. 29 stellt die *Amsler*'sche Präcisionspresse für Kraftentfaltungen bis 1,8 *t* mit einer Skalenteilung von 5 zu 5 *kg* dar. Die Maschine dient zur Vornahme von Druckproben an weichen Körpern aller Art, insbesondere zur Prüfung hydraul. Kalke, des Gypses nach 7- und oft auch nach 28-tägiger Erhärtungsdauer; bei Cementen zur Ermittlung der Druckfestigkeit nach 3- und 7-tägiger Erhärtung. Ferner dient die Maschine zur Ausführung von Biege- oder Bruchproben mit plattenförmigen Körpern bei einer Freilage von 15 bis 40 *cm*. In Fig. 29 erscheint ein auf Biegungsfestigkeit beanspruchter Dachziegel eingespannt.

Fig. 30 stellt den sogenannten *schweiz. Normal-Druckapparat,* die *Amsler*'sche Cementpresse für eine Kraftentfaltung von 20,0 *t* (gebaut wird der Apparat neuerer Zeit für 30,0 *t*) mit einer Skalenteilung von 20 zu 20 *kg* dar. Die Maschine dient ausschliesslich zur Vornahme der

Normenproben mit hydraul. Bindemitteln aller Art; ferner zur Erbebung der Selbstfestigkeit hydraul. Bindemittel in Altersklassen bis zur 4-wöchentlichen Erhärtungsdauer.

Für Kraftbedürfnisse bis 120 *t* kommt entweder der *Druckapparat der Werder'schen Universalfestigkeits-Maschine* oder die abgeänderte *Brink-Hübner'*sche Presse, vergl. die Fig. 31 auf Seite 130, zur Anwendung.

Die Einrichtungen zur Vornahme von Druckproben auf der *Werder-Maschine* sind bekannt. Ebenso bekannt ist die Konstruktion der Presse, System *Brink-Hübner,* vergl. Fig. 30. Vor einigen Jahren erfuhr die letztere eine wesentliche Umgestaltung, die gestattet sei hier kurz zu erwähnen. Vor allem wurde der Handantrieb durch einen maschinellen, beim Vor- und Rückgange selbstthätig schaltenden Antrieb der Pressspindel, — ferner die zum Messen des Arbeitsdrucks der Maschine beigegebenen Röhrenmanometer durch ein Amsler-Amagat'sches Quecksilber-Manomet. ersetzt. Die wichtigste Abänderung des Apparats liegt indessen in der Beseitigung der in ihrer Wirkung wechselnden, fast unberechenbaren Lederringe (Manchetten), welche ursprünglich zur Dichtung des Presskolbens angeordnet waren. Die Maschine arbeitet jetzt nach dem in Fig. 32 und 33 dargestellten Amagat'schen Principe, fast reibungslos. Die Skala des Quecksilber-Manometers ist von 200 zu 200 *kg* geteilt und gestattet noch schätzungsweise 100 *kg* abzulesen.

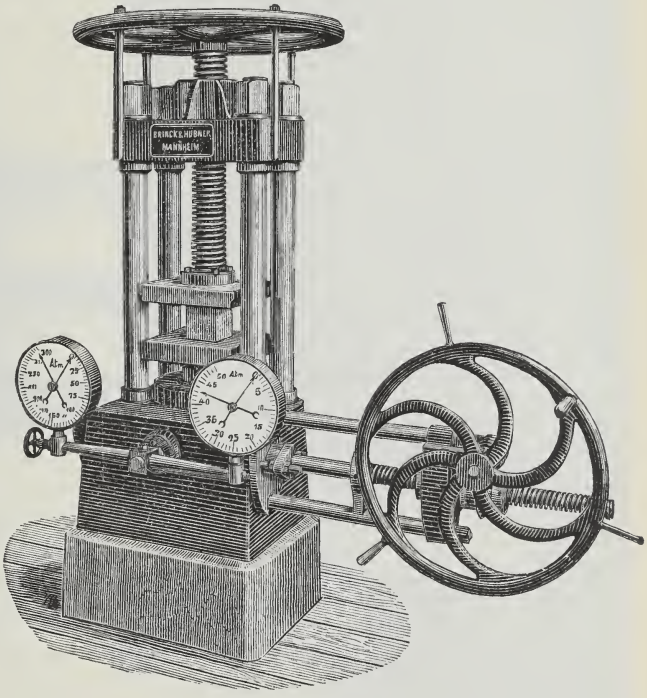


Fig. 30.

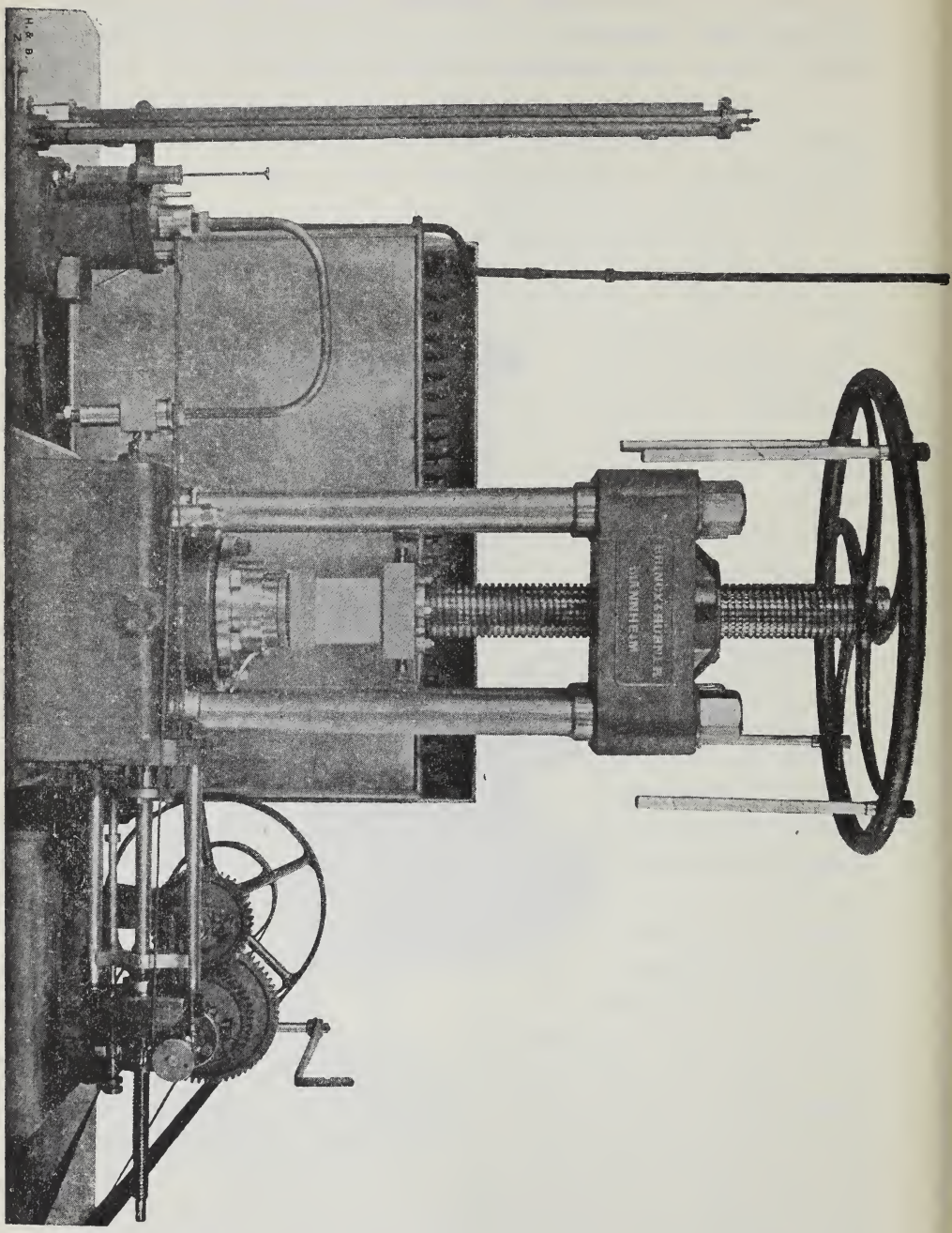


Fig. 31.

Weitläufigkeiten zu vermeiden, wollen wir uns an dieser Stelle auf die Beschreibung des schweiz. Normal-Druckapparats beschränken, und bemerken, dass mit Ausschluss des Druckapparats der *Werder*-Maschine, unsere sämtlichen Pressen nach dem gleichen Prinzipe arbeiten.

Im Wesentlichen besteht der schweiz. Normal-Druckapparat aus zwei vertikalen, übereinander gelagerten Cylindern, die durch die Zugstangen der Presse zusammengehalten werden. Im obern Cylinder sitzt, mit Spielraum eingeschliffen, der Presskolben. Behufs Füllung des oberen Cylinders mit Öl ist dieser vertikal durchbohrt, und ist die Bohrung für gewöhnlich mittelst einer horizontalen Schraube geschlossen. Das obere Ende des Presskolbens besitzt eine sphäroidale Vertiefung, eine Pfanne, die mit Öl gefüllt zur Aufnahme der unteren Druckplatte dient. Mit dem kugelförmigen Unterteil sitzt diese Druckplatte in der genannten Pfanne. (Das Centrum der Kugel wurde absichtlich in die Ebene der Druckplatte gelegt). Die obere Druckplatte sitzt unwandelbar an der mit einem Griffrad versehenen Druckschraube. Am oberen Presscylinder befestigt sieht man die Antriebskurbel des Druckapparates. Das rückwärtige Ende der Kurbelspindel trägt zwei Zahnräder, von denen das kleinere beim Hingange, das grössere beim Rückgange der zur Kurbelspindel

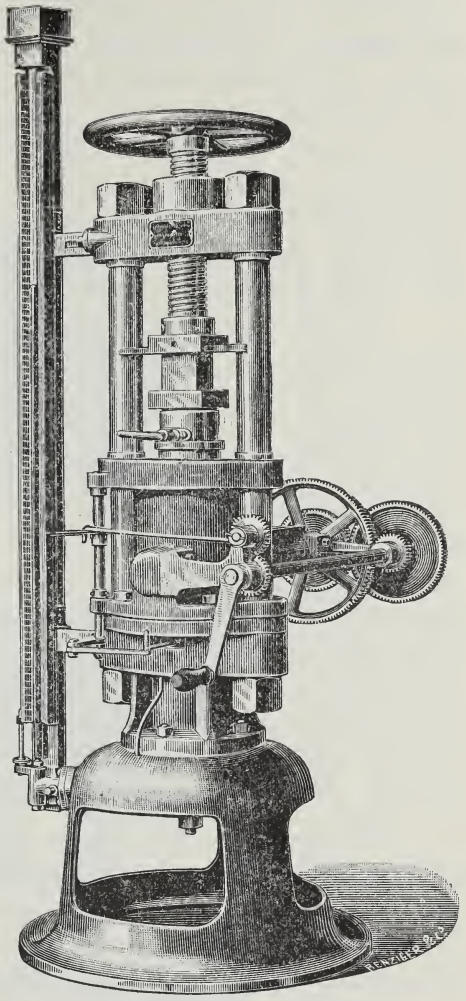


Fig. 32.

parallel gelagerten Pressspindel sich in thätigem Eingriffe befindet. Wird die Kurbel von unten über links nach oben gedreht, so wird eine langsam fortschreitende Bewegung und damit ein Eindringen der Pressspindel in den ölgefüllten Hohlraum des oberen Presscylinders, also Druck erzeugt. Soll die Pressspindel zurückgezogen, d. h. in die Ausgangsstellung gebracht werden, so hat man einfach die Antriebskurbel in entgegengesetzte Richtung zu drehen. Dadurch wird eine kleine, recht sinnreiche Keilkonstruktion eingerückt; es tritt die kleine Übersetzung in Thätigkeit und die Pressspindel kehrt in rascher Bewegung in ihre Ausgangsstellung zurück.

Der untere Presscylinder enthält den grossen Kolben des Differentialmanometers; der kleine Kolben dringt behufs Druckaufnahme durch den Boden in den oberen Presscylinder ein. Die Dichtung dieser Kolben ist selbstredend ebenfalls nach *Amagat's* Princip durchgeführt. Nahe am oberen Rande des unteren Cylinders sieht man, vergl. das Detail in Fig. 33, eine kleine, rektanguläre Öffnung, aus welcher ein mit dem Differentialmanometer fest verbundener Hebel hervorragt. Dieser Hebel dient zur Bewegung des die Kraft auf den Quecksilbermanometer übertragenden Differentialkolbens. Bei der grossen Empfindlichkeit des Manometers erschien es nötig diesen Hebel mittelst einer angemessenen Führung an die Kurbelwelle zu hängen, so dass er sich während des Versuches in Bewegung befindet, wodurch Reibung und Klebrigkeit der Flüssigkeit eliminiert werden.

Der Hohlraum des unteren Presskolbens ist zum kleineren Teile mit Quecksilber, im Übrigen, ähnlich wie der Hohlraum des oberen Presscylinders, mit Glycerin gefüllt, welches nach Bedarf mittelst einer kleinen, seitlich am unteren Presscylinder befestigten Handpumpe eingebracht werden kann.

Durch ein eisernes Röhrchen steht der untere Presscylinder mit der lothrechten, auf einer Latte unwandelbar befestigten, ziemlich weiten Glasröhre des Manometers in Verbindung. Die Latte selbst ist getragen durch zwei an den Apparat angeschraubte Arme. Auf der Vorderseite dieser Latte schleift, durch eine kleine Mikrometerschraube verstellbar eine zweite, die Teilungen tragende Latte. Der Nullpunkt der Teilung befindet sich unten und kann mittelst der genannten Mikrometerschraube auf den

jeweiligen Stand des Quecksilbers im Glasrohre des Manometers eingestellt werden. In diesem Glasrohre wurde ein ausbalancierter, eiserner Stabschwimmer angebracht. Der Faden, an welchem das Gegengewicht des Schwimmers hängt, läuft über eine, am

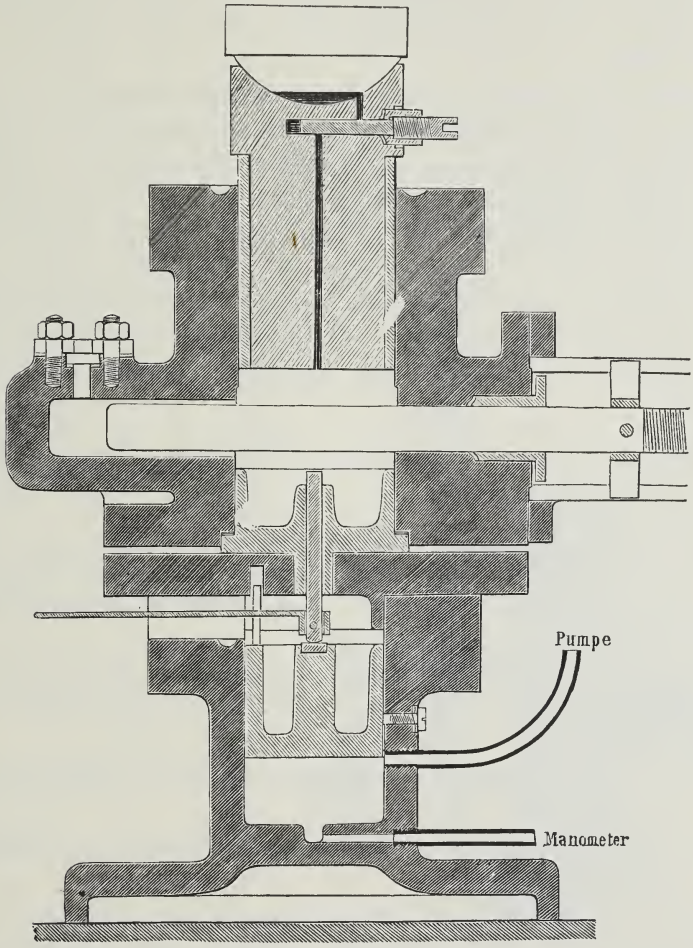


Fig. 33.

obern Ende der festen Latte ganz leicht gebremste, kleine Rolle. Der leiseste Zug am Faden der Bremsbacke genügt, um den Stabschwimmer in eine langsame Abwärtsbewegung zu versetzen.

Sitzt demnach der Schwimmer auf der Quecksilbersäule auf und man steigert den Druck im Apparate, so wird vermöge der gewählten Konstruktion der Stabschwimmer nahezu widerstandslos gehoben und bleibt an der erreichten, höchsten Stelle der Quecksilbersäule stehen, wenn der Druck absichtlich oder zu Folge Überwindung der Cohäsion des Materials eines Versuchskörpers plötzlich abnimmt, und die Quecksilbersäule zu sinken beginnt.

Der Arbeitsvorgang mit dieser Maschine ist der denkbar einfachste. Der Beobachter hat den Probekörper stets vor Augen, sieht die Veränderungen der Druckverhältnisse im Apparat, braucht keine Gewichte zu heben noch solche am Schlusse des Versuches zu addieren. Er ist der Mühe jeglicher Zwischen- und Endrechnungen enthoben, denn die Teilungen geben einerseits *t* absolut, anderseits direkt *kg* pro cm^2 der Querschnittsfläche des Probekörpers. Die zu einer Probe erforderliche Zeit schwankt mit der Festigkeit des Materials zwischen 1 und $1^1/_2$ Minuten.

Die bei Versuchsausführungen erforderlichen Manipulationen sind kurz die folgenden:

Einlagern des Probekörpers in den Apparat.

Ein bis zweimal Hin- und Herbewegen des Differentialkolbens von Hand oder besser mittelst der Antriebskurbel.

Einstellen des Nullpunktes der Teilungen auf das Niveau der Quecksilbersäule bezw. auf den untern Rand des Schwimmers.

Anziehen der obern Druckplatte mittelst des Griffrades der Pressschraube.

Druckerteilung durch entsprechende Bewegung der Antriebskurbel.

Ablesen der gesuchten Druckfestigkeit des Materials.

Zurückführen der Pressspindel durch die entsprechende Kurbelbewegung.

Entfernung der Bruchstücke des zermalmten Probekörpers.

Da sowohl der Presskolben, als auch die Differentialkolben des Manometers in einer Ölsphäre stecken, tritt mit der Zeit ein kleiner Ölverlust in den Presscylindern ein. Das ausgestossene

Öl fliesst in kleine, die unterschiedlichen Kolben umgebende Rinnen und wird zentral in einem Blechgefäss gesammelt, um gelegentlich wieder benützt zu werden. Bei dem stark beanspruchten Apparate der eidg. Festigkeitsanstalt findet etwa alle 14 Tage das an sich geringfügige Nachfüllen statt. Zu diesem Zwecke dient für den untern Presscylinder die bereits erwähnte Handpumpe. Um den obern Presscylinder nachzufüllen, zieht man mittelst zweier, dem Apparate beigegebener Bügel und des Griffrades den Presskolben heraus, oder man entfernt die untere Druckplatte, giesst in deren Lagerschale das nötige Öl, öffnet die Bohrung des Presskolbens und saugt durch Heben desselben mittelst des Griffrades, das Öl in den Presscylinder. Die ganze Manipulation des Nachfüllens besorgt selbstredend der Arbeiter und es fordert diese etwa 15 Minuten Zeit.

Zu dem beschriebenen Druckapparat gehört der in Fig. 34 dargestellte Kontrollapparat. Der Hauptsache nach besteht dieser aus 2 entgegengesetzt angeordneten Hebeln, welche symmetrisch zur Axe gegen die Druckplatte der Druckschraube gestützt sind. Die Angriffsschneiden nehmen den Druck aus dem Presskolben und übertragen ihn im Verhältnisse 1 : 15 auf die Hebel, die die Kontrollgewichte tragen. In Fig. 34 erscheinen die Kontrollgewichte an Haken gehängt. In der Wirklichkeit wird man die Haken durch Wagschalen ersetzen und diese belasten.

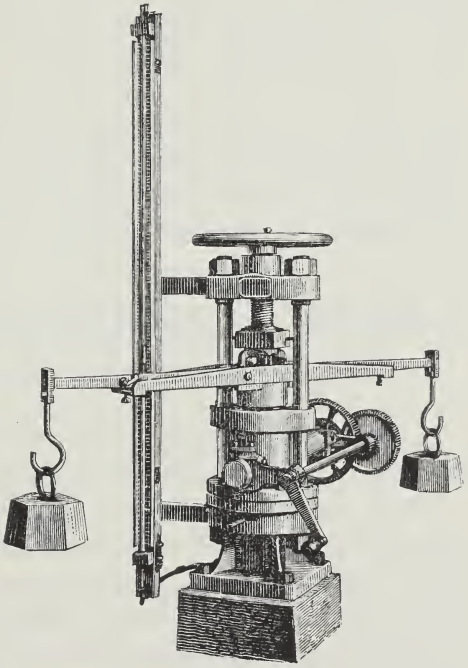


Fig. 34.

Die Kontrollversuche fordern besondere Sorgfalt und Umsicht; sie werden kurz folgendermassen ausgeführt:

Nachdem der Kontrollapparat auf den Presskolben der zu prüfenden Maschine aufgesteckt worden, gebe man mittelst des

Griffrades einen leichten Druck auf den Kontrollapparat, bis sich die Hebel desselben von ihren Lagern abheben. Nachdem die Differentialkolben mittelst deren Hebel behutsam einigemale hin und her bewegt worden waren, stelle man den Nullpunkt der Teilung auf das Niveau der Quecksilbersäule ein und reduziere sodann mittelst der Antriebskurbel den vorhandenen Arbeitsdruck des Apparats. Sobald die Hebel des Kontrollapparats auf ihre Lager zurückgekehrt sind, darf die Belastung der angehängten Wagschalen erfolgen. Zu diesem Ende hat man, möglichst gleichzeitig, gleichschwere Gewichtsteine auf die Wagschalen aufzulegen und den Druck mittelst der Antriebskurbel zu geben. Dabei wird die Quecksilberskala steigen, die Hebel des Kontrollapparats wieder gehoben werden. Die Kurbelbewegung ist einzustellen, sobald der Moment, wo die Quecksilbersäule stationär geworden, erreicht ist. Nun wird der Stand der Quecksilbersäule abgelesen der Apparat durck Rückwärtsbewegung der Antriebskurbel bis zur Rückkehr der Hebel auf ihre Lager entlastet und das Ergebnis der Ablesung und der direkten Belastung verglichen. Diese Operation wird allmälig mit gesteigerten Belastungen (à ca- 50 *kg* pro Wagschale) innerhalb der Tragfähigkeit der Kontrollhebel ein-, zweimal wiederholt.

o. Methode und Hülfsmittel zur Prüfung der Frostbeständigkeit hydraulischer Bindemittel.

Zur Vornahme von Frostversuchen steht in der eidg. Festigkeitsanstalt folgende Einrichtung zur Verfügung:

Ein Ammoniak-Kompressor *System Linde* in Verbindung mit einem eichenen, doppelwandigen, nach Aussen durch Holzkohlenpulver isolierten Kühlschrank, dessen Innenraum mit Zinkblech bekleidet, ein Schlangenrohr enthält, welches derart mit dem Kompressor in Verbindung gebracht ist, dass im Betriebe der Anlage ein Kreislauf von Ansaugen, Komprimieren, Abkühlen und Expandieren des Ammoniaks bewerkstelligt erscheint. In der Brust, hart über dem Boden besitzt der Kühlschrank eine gut schliessende und ebenfalls isolierte Thüröffnung, durch welche auf Kautschukrollen gelagert ein Wägelchen zur Aufnahme der Probekörper in den Kühlschrank eingeschoben werden kann.

Auf der Plattform des Wägelchens werden die Probekörper, sofern deren Zahl keine grosse ist, in enganschliessende, zerlegbare Zinkblechkästchen eingekapselt, gelagert. Bei einer grossen Anzahl von Probekörpern erhält die Plattform des Wägelchens einen mit Flügelthüren geschlossenen, kupfernen Kasten, welcher in mehreren Etagen, Böden aus gelochtem Blech besitzt, oder aber es werden die Körper frei und ohne Ummantelung auf der Plattform des Wägelchens derart aufgebaut, dass die Luft sämtliche Körper umspülen kann. Die letzt genannte Anordnung wird blos ausnahmsweise gewählt; sie hat den Nachteil der Trockenwirkung der im Kühlschranke herrschenden Luftströme, wodurch die zerstörende Frostwirkung auf den Oberflächen der Probekörper abgemindert wird.

Der Kühlschrank ist mit einem bis auf — 30° C. reichenden Thermometer ausgerüstet, dessen Stand jedes Mal abgelesen und notiert wird, wenn die Probekörper behufs Auftauung aus dem Kühlschranke gehoben werden.

Vorversuche, ausgeführt an Steinwürfeln mit 7 *cm* Kantenlänge, die bis über die Mitte angebohrt, hierauf auf die Höhe des Quecksilbergefässes der eingesetzten Thermometer mit Quecksilber gefüllt, oben mit Wachs geschlossen waren, ergaben, dass bei vorangehend abgekühltem Kühlschranke, in ca. 5—6 Stunden die Temperatur der Würfel von ca. + 15° C. durchgreifend auf — 13 bis 16° C. erniedrigt wird. Mit Rücksicht auf den Umstand, dass der einzelne Frostversuch beendigt erscheint, sobald der Übergang des Wassers der Probekörper in feste Aggregatform vollzogen ist, indem eine über diesen Zeitpunkt hinaus fortgesetzte Abkühlung bezüglich Frostschäden völlig wirkungslos bleibt, konnte folgendes Versuchsverfahren etabliert werden:

Die Probekörper werden unter einer Luftpumpe vorsichtig mit Wasser gesättigt, hierauf über Nacht unter Wasser gehalten und nun in den abgekühlten Kühlschrank eingebracht. Nach Verlauf von ca. 4 Stunden werden die Körper rasch aus dem Schranke gehoben, in Wasser eingetaucht, so dass das oberflächlich verdunstete Wasser thunlichst ersetzt wird, um hierauf weitere 4 Stunden einer Temperatur von — 18 bis 22° C. ausgesetzt zu werden.

Nach Verfluss dieser Zeit werden die Probekörper in Wasser von Zimmertemperatur aufgetaut (über Nacht), um am folgenden

Tage dem gleichen Prozesse unterworfen zu werden. Ursprünglich wurden sämtliche Probekörper einem 24-maligen Wechsel von Frostwirkung und Auftauung unterworfen. Neuerer Zeit wurde der Turnus auf ein 20-maliges Gefrieren abgemindert.

Das Anfeuchten der Probekörper während einer Exposition erwies sich recht nützlich für die Frostwirkung. Die Umständlichkeit des Verfahrens zu mildern wurden die Kästchen, in welche die Probekörper gewöhnlich eingelegt werden, derart konstruiert, dass nach Wegnahme der Deckel, die Seitenwände abgehoben und die Proben samt den Bodenblechen in die bereitstehenden Wasserbehälter eingelegt werden können.

Die den Frostproben unterworfenen Probekörper hydraul. Bindemittel erhalten die Normalform der Zug- und Druckproben. Ihre Erzeugung geschieht genau in gleicher Weise, wie diejenige der laufenden Qualitäts- oder der wissenschaftlichen Proben; vergl. Seite 121. Die weitere Behandlung, sowie das Alter der Probekörper zur Zeit ihrer ersten Frostbehandlung, bestimmt der Zweck der Untersuchung, und wird Fall für Fall näher angegeben.

Unmittelbar nach der letzten Frostwirkung werden die Probekörper aufgetaut und mit andern, gleichzeitig erzeugten und inzwischen unter Wasser gehaltenen Körpern den Zug- und Druckproben unterworfen. Hierbei wird auf eine Abminderung der ursprünglichen Querschnittsdimensionen durch Frostwirkung keine Rücksicht genommen, die Ergebnisse also auf die Einheit der ursprünglichen Querschnittsflächen bezogen und mit denjenigen der nicht gefrorenen verglichen.

III. Resultate der Untersuchungen der chemisch-physikalischen Eigenschaften der hydraulischen Bindemittel.

1. Resultate

der

Untersuchung der chemischen Zusammensetzung.

No.	Einsender	Herkunft	Jahr	Chemiker	Chem. Zusammen-		
					SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %
		Hydraulische Kalke.					
1	Sevestre & Co.	Cementfabrik Beckenried	1882	G. Billitz	24,07	10,39	3,21
2	„	„ „	„	A. Contat	24,71	10,27	4,08
3	„	„ „	„	„	23,77	10,04	3,39
4	Adolf Schwarz	„ „	„	E. Bosshard	23,49	7,84	3,71
5	„ „	„ „	„	„	25,73	8,37	3,92
6	„ „	„ „	„	„	26,51	9,21	3,67
7	L. Du Pasquier	Usine de Grandchamp	„	G. Billitz	27,90	12,66	2,28
8	Gebr. Leuba	Cementfabrik Noiraigue	„	„	21,33	4,41	2,63
9	Dalstein & Co.	„ Vallorbes	„	G. Barbezat	18,95	5,70	2,83
10	Jean Rod	„ Vevey	„	A. Contat	18,57	5,26	3,41
11	Mr. Greppin	„ Vouvry	„	„	30,60	8,43	3,23
12	Direktor Hauenschild	„ „	„	Prof. Treadwell	31,46	8,57	2,68
13	Direktor Jolly	Usine de Chazey-Bons	„	G. Billitz	22,64	6,08	3,00
14	J. Mayer	„ „ „	„	E. Bosshard	22,47	6,47	2,70
15	Aus dem Handel	Jur. Delastre, Virieux	„	A. Contat	23,02	6,46	3,04
16	Chappuis & Co.	„ „ „	„	Prof. Treadwell	25,32	8,51	1,50
17	Aus dem Handel	Lafarge du Teil	„	G. Billitz	21,01	2,73	0,53
18	„ „ „	„ „ „	„	„	20,82	2,55	0,60
19	J. Graf, Winterthur	Unbekannt	„	„	24,37	4,51	Sp.
20	Aus dem Handel	Pochet fils, Virieu	1883	Prof. Treadwell	25,68	8,04	1,98
21	„ „ „	Usine de Tacon	„	„	25,21	6,99	2,24
22	Direktion	Cemtf. Neumoos-Embrach	„	G. Barbezat	20,52	9,09	
23	„	Cementfabrik Convers	„	„	31,26	12,08	
24	Gygi & Gerster	Cementfabrik Bärschwyl	1886	Prof. Treadwell	27,17	13,75	2,83
25	Direktor Schweizer	„ Rozloch	1887	„	18,42	5,76	1,61
26	Direktion	Kalk- u. Gypsfabrik Bärschwyl.	1889	„	29,03	13,30	3,67
27	A. Hagmann	Sevelen	1891	E. Ruhoff		29,58	
28	J. Spühler	Reckingen	„	„	17,80	5,11	2,81
29		Cementf. Beckenried	„	„	15,25	6,39	3,38
30*	Gebr. Romedi	Madulein	„	„	0,69	0,10	1,94
31	Alb. Fleiner	Aarau	„	„	26,60	8,56	4,38
32	Locher & Co. Sihlthalbahn	Alb. Fleiner, Aarau	„	„	26,46	9,78	4,06

setzung im Anlieferungszustand						CO_2 und H_2O frei:				$\frac{CaO}{SiO_2}$	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$
CaO %	MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %		
Hydraulische Kalke.											
50,61	1,81	0,39	2,94	5,11	98,53	26,18	11,30	3,49	55,04	2,10	1,34
49,17	1,87	1,15	3,54	3,94	98,73	26,71	11,10	4,41	53,15	1,99	1,26
49,68	1,57	0,88	2,53	5,44	97,30	25,83	10,91	3,68	53,98	2,09	1,33
52,45	1,54	3,32	2,83	6,56	101,74	25,44	8,48	4,01	56,79	2,24	1,50
51,57	0,55	2,74	3,33	4,96	101,17	27,70	9,02	4,22	55,52	2,00	1,36
49,99	1,97	2,43	1,82	4,68	100,28	28,27	9,82	3,91	53,30	1,89	1,27
43,51	0,61	4,35	2,65	6,55	100,51	30,55	13,86	2,50	47,65	1,56	1,02
56,35	0,78	3,95	1,93	9,06	100,44	23,85	4,93	2,94	62,99	2,64	1,99
55,67	0,19	2,99	5,29	8,34	99,96	21,94	6,60	3,28	64,46	2,94	2,02
53,08	5,94	9,64	2,14	3,71	101,75	19,36	5,48	3,55	55,35	2,86	1,95
48,82	1,26	3,02	1,45	2,99	99,80	32,02	8,82	3,38	51,09	1,59	1,16
51,01	1,31	0,02	1,36	3,18	99,59	32,96	8,98	2,81	53,44	1,62	1,19
57,60	1,94	2,07	2,80	4,36	100,49	24,26	6,51	3,21	61,72	2,54	1,82
55,62	1,62	4,27	0,78	6,90	100,83	24,12	6,94	2,90	59,71	2,48	1,76
53,72	Sp.	3,16	3,48	6,00	98,88	25,43	7,14	3,36	59,35	2,33	1,65
52,36	1,57	2,45	2,04	7,67	101,42	27,60	9,27	1,64	57,10	2,07	1,48
60,37	0,84	0,88	5,75	6,99	99,11	24,09	3,13	0,61	69,19	2,87	2,49
64,76	0,53	1,63	1,76	7,58	100,23	22,90	2,80	0,66	71,25	3,11	2,70
60,98	0,46	0,93	4,54	4,63	100,42	26,71	4,94	—	66,82	2,50	2,11
46,59	0,38	0,71	3,23	6,77	93,38	28,53	8,93	2,20	51,77	1,82	1,31
55,07	0,94	0,53	1,67	6,30	98,95	27,39	7,60	2,43	59,84	2,18	1,60
56,44	1,09	3,91	2,84	7,38	101,27	22,57	10,00		62,07	2,75	1,91
45,24	1,99	1,37	1,35	5,31	98,60	33,49	12,94		48,47	1,45	1,64
28,03	19,81	0,94	5,55	1,67	99,75	29,28	14,82	3,05	30,21	1,03	0,64
56,67	2,04	2,85	2,89	10,07	100,31	21,08	6,59	1,84	64,87	3,08	2,19
25,49	17,08	1,03	6,67	2,14	98,41	31,83	14,58	4,02	27,95	0,88	0,55
51,57	1,40	—	0,77	15,07	98,39		35,15		61,26	—	1,74
54,93	1,23	—	9,18	9,05	100,11	21,74	6,24	3,44	67,10	3,09	2,14
54,72	0,50	—	10,35	9,48	100,07	19,01	7,96	4,22	68,20	3,59	2,19
56,75	37,16	—	0,28	3,20	100,12	0,71	0,10	2,01	58,72	82,70	20,82
48,59	1,61	1,81	3,30	5,46	100,31	29,06	9,35	4,79	53,07	1,83	1,23
44,34	1,90	2,14	4,10	7,76	100,54	29,84	11,03	4,58	50,00	1,68	1,10

No.	Einsender	Herkunft	Jahr	Chemiker	Chem. Zusammen-		
					SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %
		Hydraulische Kalke,					
33	Jaquet & Maulini	Vouvry	1891	E. Ruhoff	25,98	6,19	2,53
34	Alb. Fleiner	Aarau	„	E. Schmid	25,33	13,38	1,20
35	„	„	„	„	22,88	15,55	0,83
36	„	„	„	C. Cramer	26,97	12,89	2,46
37	„	„	„	„	26,38	12,87	2,10
38	Probst, Chappuis u. Wolf	Nidau	„	E. Ruhoff	14,60	5,16	1,87
39*)	Gebr. Maggioni	Flums	1892	„	9,28	14,04	
40	H. Egger	Langenthal	„	„	11,63	13,14	
41	P. Pittier	Bex	„	„	11,42	6,90	1,52
42	„	„	„	„	25,82	6,53	2,70
43	Ad. Schwarz	Beckenried	„	„	34,58	6,04	2,14
44	L. Du Pasquier	Grandchamp	„	„	24,22	10,36	2,67
45	Hürlimann	Brunnen	„	„	26,88	8,15	4,69
46	„	„	1893	„	24,23	12,05	1,23
47	Kalk- u. Cem.-Fabr.	Beckenried	1893	„	21,16	7,03	1,05
		Romancemente.					
1	Ing. Bertschinger	Wildegg-Lenzburg	1882	G. Billitz	20,96	10,49	3,82
2	Alb. Fleiner	Cementfabrik Aarau	„	„	27,09	7,34	3,59
3	Direktor Tröger	Cementfabr. Walenstadt	„	„	20,22	8,24	2,99
4	Gebr. Leuba	Cementfabrik Noiraigue	„	„	27,32	7,80	2,27
5	„ „	„ „	„	„	29,47	7,79	2,71
6	Verwalter Burkhart	Cementfabrik Käpfnach	„	E. Bosshard	21,13	7,35	3,78
7	„ „	„ „	„	„	24,28	13,32	3,66
8	Dalstein & Co.	Cementfabrik Vallorbes	„	G. Barbezat	22,65	8,32	3,54
9	Greppin & Co.	Cementfabrik Vouvry	„	A. Contat	29,67	8,14	2,37
10	Aus dem Handel	Cementfabrik Vassy	„	„	29,63	15,33	2,25
11	„ „ „	Delune & Co., Grenoble	„	„	20,96	9,30	3,76
12	„ „ „	„ „	„	Prof. Lunge	21,70	11,22	3,67
13	„ „ „	Lafarge du Teil	„	G. Billitz	25,48	5,07	0,02
14	L. Du Pasquier	Usine de Grandchamps	?	Dr. Heintzel	19,25	6,04	3,06

setzung im Anlieferungszustand						CO_2 und H_2O frei:				CaO / SiO_2	CaO / $SiO_2+R_2O_3$
CaO %	MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summa	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %		
Hydraulische Kalke.											
51,79	3,80	—	1,53	8,28	100,10	28,77	6,85	2,80	57,36	1,99	1,49
43,31	1,30	1,02	3,79	6,87	96,20	28,35	14,98	1,34	48,48	1,71	1,09
44,95	1,27	0,88	4,43	7,15	97,94	25,88	17,59	0,94	50,84	1,96	1,14
43,54	2,28	2,10	3,61	6,53	100,38	29,89	14,28	2,73	48,25	1,62	1,03
43,10	2,20	2,36	3,02	8,14	100,17	29,64	14,46	2,36	48,31	1,63	1,04
59,49	1,10	—	3,20	13,28	98,70	17,48	6,18	2,24	71,23	4,07	2,75
37,78	13,35*	—	6,36	19,19	100,00	12,46	18,86		50,75	4,07	1,62
37,60	6,16*	—	29,54	1,94	100,01	16,97	19,17		54,87	3,24	1,52
41,73	20,56	1,56	9,27	6,86	99,82	13,62	8,23	1,81	49,76	3,65	2,10
47,82	2,11	Sp.	5,20	8,04	98,22	29,76	7,53	3,12	55,12	1,85	1,36
48,08	1,02	1,40	2,90	2,87	99,03	36,70	6,41	2,27	50,92	1,39	1,12
40,83	1,10	1,21	4,69	13,49	98,57	29,60	12,66	3,26	49,90	1,69	1,10
45,94	1,22	3,78	4,05	5,34	100,05	29,64	9,00	5,18	50,67	1,71	1,16
47,68	1,28	—	9,97	1,36	97,80	27,33	7,93	1,39	53,77	1,97	1,47
53,57	1,31	0,83	4,93	9,45	99,33	24,71	8,21	1,23	62,57	2,53	1,83
Romancemente.											
54,21	1,39	3,32	3,35	2,64	100,18	22,25	11,14	4,05	57,55	2,59	1,54
54,40	2,41	2,87	0,87	1,48	100,05	27,73	7,52	3,68	55,68	2,01	1,43
55,38	1,15	7,02	1,08	2,82	98,90	21,04	8,57	3,11	57,63	2,74	1,76
48,90	0,76	5,47	5,49	1,59	99,60	29,40	8,39	2,44	52,63	1,79	1,31
47,77	1,36	5,39	3,11	1,58	99,18	30,92	8,17	2,84	50,12	1,62	1,20
54,00	1,44	6,20	1,32	5,08	100,30	22,51	7,83	4,03	57,51	2,55	1,67
44,16	3,03	6,71	0,93	4,04	100,13	25,51	14,00	3,84	46,40	1,82	1,07
54,49	0,38	1,53	2,72	5,34	98,97	24,64	9,05	3,85	59,27	2,41	1,58
54,52	Sp.	1,63	1,53	2,04	99,90	30,77	8,44	2,46	56,54	1,84	1,36
40,35	1,87	3,58	2,99	3,22	99,22	31,59	16,35	2,40	43,02	1,36	0,85
51,18	4,91	5,06	0,74	3,24	99,15	21,83	9,69	3,92	53,30	2,44	1,50
54,67	0,95	4,49	0,38	3,04	100,12	22,44	11,61	3,79	56,53	2,52	1,50
62,56	0,69	0,23	2,12	4,47	100,64	27,09	5,39	0,02	66,52	2,46	2,05
40,47	19,13	1,66	4,31		99,92	20,12	6,31	3,20	42,29	2,10	1,09

No.	Einsender	Herkunft	Jahr	Chemiker	Chem. Zusammen-		
					SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %
				Romancemente.			
15	Cementfabrik Dubs	Küttingen	1882	Prof. Lunge	32,49	22,57	
16	Alb. Fleiner	Aarau	1889	Prof. Treadwell	25,39	9,34	3,05
17	Cementfabrik	Ripanj, Serbien	1890	„	28,06	6,65	3,30
18	Ad. Schwarz	Beckenried	1891	E. Ruhoff	27,54	9,25	3,80
19	Redlich, Ohrenstein und Spitzer	Cserevic	1891	Prof. Treadwell	20,54	8,72	3,23
20	Aus dem Handel	Delune & Co., Grenoble	1893	E. Ruhoff	21,04	12,72	4,04
21	„	„	„	„	20,85	8,90	3,80
22	„	„	„	A. Wolkowicz	21,29	9,36	3,51
23	„	Berthelot d'Uriol Grenoble	„	E. Ruhoff	22,46	10,14	1,67
24	„	„	„	„	23,15	8,94	3,28
25	„	„	„	„	23,35	9,69	2,96
26	„	„	„	„	22,62	7,87	3,16
27	„	Gemisch v. 3 Sorten Grenoble	„	„	20,60	9,92	2,56
28	Alb. Fleiner	Aarau	„	„	28,36	12,12	1,57
29	„	„	„	„	24,23	10,39	1,19
30	Leuba frères	Noiraigue	„	„	25,64	8,76	2,15
31	M. Schmidt	Olten	„	A. Wolkowicz	25,70	9,26	3,38
32	„	„	„	„	29,74	11,92	3,68
33	R. Wagner & Co.	Stans	„	E. Ruhoff	22,11	7,26	2,44
34	Berthelot d'Uriol	Grenoble	1894	A. Häuptli	22,14	8,74	3,69
35	Delune & Co.	„	„	„	23,35	8,20	3,74
				Schlackencemente.			
1	Wasserversorgung Chaux-de-fonds	Choindez	1886	Dr. Heintzel	20,40	18,59	0,41
2	Stadtbauamt Zürich	„	1887	„	18,30	18,07	0,34
3	Zürichbergbahn	„	1888	Prof. Treadwell	18,03	16,90	0,93
4	Ad. Süss	Witkowitz	1889	„	22,35	12,83	0,64
5	Société anonyme des Ciments de St-Imier	Grenoble	1890	J. Korin	27,35	9,13	1,50
6	Ad. Süss	Königshof	1891	Prof. Treadwell	20,35	14,05	0,33
7	Bauverwaltg. Zürich	Choindez	„	E. Ruhoff	18,08	14,12	2,02
8	Ehrhardt & Lingenbrinck	Neunkirchen	„	„	18,69	9,20	2,14

NB. Für die Schlackencemente ist die Columnenbezeichnung Fe_2O_3 zu ersetzen durch FeO.

setzung im Anlieferungszustand						CO_2 und H_2O frei:				$\frac{CaO}{SiO_2}$	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$
CaO %	MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %		
Romancemente.											
34,93	2,74	2,86	2,09	1,70	99,38	33,77	23,46		36,31	1,08	0,63
52,00	2,32	2,40	3,13	0,94	98,57	26,47	9,74	3,18	54,21	2,05	1,38
47,79	1,08	1,66	8,68	1,76	98,98	31,33	7,43	3,68	53,36	1,70	1,26
54,58	0,50	0,64	2,16	1,53	100,00	28,60	9,60	3,95	56,67	1,98	1,34
51,85	2,31	3,93	4,53	4,75	99,86	22,64	9,61	3,56	57,15	2,52	1,60
51,38	1,20	5,51	2,28	1,37	99,54	21,84	13,20	4,19	53,33	2,44	1,36
53,38	3,75	4,05	1,50	1,55	97,78	21,51	9,18	3,92	55,06	2,56	1,59
51,74	4,24	6,01	1,83	1,39	99,37	22,00	9,67	3,63	53,46	2,43	1,51
52,61	2,70	5,10	2,03	3,11	99,82	23,68	10,69	1,76	55,46	2,34	1,53
54,26	2,88	3,12	1,35	1,26	98,24	23,77	9,18	3,36	55,71	2,34	1,53
54,71	1,08	1,95	1,68	2,63	98,05	24,40	10,13	3,09	57,17	2,34	1,52
53,65	2,88	2,99	2,71	2,66	98,54	23,90	8,32	3,34	56,59	2,37	1,59
52,42	3,91	6,06	1,98	1,32	98,77	21,30	10,26	2,65	54,21	2,55	1,58
47,28	2,24	2,00	3,60	0,92	98,09	29,70	12,69	1,64	49,43	1,66	1,12
55,00	1,92	1,10	3,49	1,46	98,78	25,49	10,93	1,25	57,86	2,27	1,54
44,87	1,93	5,11	8,99	1,17	98,62	28,54	9,75	2,39	49,94	1,75	1,23
50,86	1,54	1,51	3,60	3,07	98,92	27,54	9,92	3,62	54,49	1,97	1,33
42,98	2,08	2,34	4,68	1,52	98,94	31,71	12,71	3,92	45,82	1,45	0,95
53,01	1,77	4,95	5,75	1,51	98,80	23,84	7,83	2,63	57,16	2,40	1,67
58,41	2,02	2,90	1,51	0,61	100,02	22,62	8,93	3,77	59,65	2,64	1,69
57,94	1,63	2,98	1,54	1,28	100,66	23,87	8,39	3,83	59,23	2,48	1,64
Schlackencemente.											
50,03	0,50	0,12	4,88	3,42	99,32	22,25	20,27	0,45	54,56	2,45	1,27
53,16	0,64	0,27	2,39	5,68	99,73	19,91	19,66	0,37	57,83	2,90	1,45
54,91	0,65	0,24	0,72	6,10	99,24	19,35	18,14	1,00	58,93	3,05	1,53
55,61	2,17	0,41	1,04	2,97	100,00	23,28	13,37	0,67	57,93	2,49	1,55
50,08	5,72	0,60	1,83	0,76	99,40	28,08	9,37	1,54	51,41	1,83	1,32
49,06	2,68	3,59	2,52	4,47	99,10	21,88	15,16	0,35	52,75	2,41	1,41
54,12	0,21	0,63	—	7,62	99,67	19,57	15,28	2,19	58,58	2,99	1,58
45,76	4,92	1,85	2,58	9,61	98,01	21,28	10,48	2,44	52,11	2,45	1,52

No.	Einsender	Herkunft	Jahr	Chemiker	Chem. Zusammen- SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %
		Schlackencemente.					
9	Erhardt & Lingenbrink	Neunkirchen	1893	Prof. Treadwell	19,87	14,84	0,80
10	v. Roll'sches Eisenw.	Choindez	„	„	18,11	15,54	0,92
11	„	„	„	A. Wolkowicz	18,55	17,30	0,68
12	Erhardt & Lingenbrink	Neunkirchen	„	„	20,94	14,85	1,03
13	„	„	„	„	20,92	14,63	1,05
14	v. Roll'sches Eisenw.	Choindez	„	„	19,24	17,15	1,07

Die vorstehenden Schlackencemente

No.	1	2	3	4	5	6
MnO	—	—	Sp.	—	—	0,11
CaS	0,97	0,88	0,76	1,98	2,43	1,94

		Portlandcemente.					
1*	Direktor Tröger	Cementfabr. Wallenstadt	1882	G. Billitz	23,78	9,24	3,33
2*	„ „	„ „	„	E. Bosshard	22,19	9,78	3,77
3	Saft & Co.	Cementfabr Emmishofen	„	G. Billitz	24,22	8,25	2,40
4	„	„ „	„	„	23,38	6,78	2,30
5	Verwalter Burkhard	Cementfabrik Käpfnach	„	E. Bosshard	21,25	7,84	3,26
6	Rob. Vigier	P.-Cementf. Luterbach	„	G. Billitz	21,84	8,66	2,02
7	Direktor Dubied	P.-Cementf. St. Sulpice	„	„	21,98	7,78	2,22
8*	Jean Rod	Cementfabrik Vevey	„	„	17,62	20,72	3,57
9*	Gebr. Leuba	Cementfabrik Noiraigue	„	A. Contat	19,73	8,40	3,42
10	Zurlinden & Co.	P.-Cementfabrik Aarau	„	G. Billitz	20,02	10,84	2,77
11*	Direktor Jolly	Usine de Chazey-Bons	„	„	21,27	8,68	2,64
12	Aus dem Handel	Stuttgarter P.-Cementf.	„	A. Contat	19,63	7,27	3,12
13	„	Lafarge du Teil	„	G. Billitz	25,48	5,07	0,02
14*	„	„ „ „	1883	„	22,03	10,72	0,02
15*	„	Kufsteiner Cementfabrik	„	Prof. Treadwell	21,98	7,70	2,22
16	„	P.-Cementf. Mannheim	„	„	20,94	7,55	3,39
17	„	P.-C.-Werke Heidelberg	„	Prof. Lunge	22,63	8,39	3,22

setzung im Anlieferungszustand						CO_2 und H_2O frei:				$\frac{CaO}{SiO_2}$	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$
CaO %	MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %		
Schlackencemente.											
48,14	2,44	1,40	2,49	5,92	98,01	21,69	16,20	0,87	52,56	2,42	1,36
54,56	0,54	0,53	1,28	7,36	99,92	19,82	17,01	1,01	59,72	3,00	1,58
53,61	0,89	0,37	0,77	6,23	100,10	19,92	18,58	0,73	57,58	2,89	1,47
47,38	3,58	2,49	2,53	4,69	100,18	22,52	15,97	1,11	51,06	2,27	1,29
48,16	3,43	0,92	1,89	6,11	99,75	22,74	15,90	1,14	52,35	2,30	1,32
54,01	0,81	0,59	1,27	5,12	100,01	20,55	18,32	1,14	57,70	2,81	1,44

weisen einen Gehalt auf an:

7	8	9	10	11	12	13	14
1,55	1,97	0,18	0,12	0,79	0,81	0,85	0,46
1,32	1,29	1,93	0,96	0,91	0,88	1,79	0,29

Portlandcemente.

54,53	0,69	6,69	0,53	1,51	100,30	24,20	9,40	3,39	55,49	2,29	1,50
53,98	1,22	7,90	0,57	0,79	100,20	22,44	9,89	3,81	54,61	2,43	1,51
61,35	1,19	1,21	0,45	1,14	100,21	24,56	8,36	2,43	62.21	2,53	1,76
62,50	0,43	2,45	0,49	1,12	99,45	23,76	6,89	2,34	63,52	2,67	1,93
56,84	2,85	3,96	0,42	4,11	100,53	22,14	8,16	3,39	59,21	2,67	1,76
61,93	1,10	2,18	0,29	2,34	100,36	22,34	8,86	2,07	63,37	2,84	1,90
64,19	0,58	1,23	0,80	1,24	100,02	22,44	7,94	2,26	65,53	2,92	2,01
51,53	3,79	2,05	0,32	2,06	101,66	17,74	20,87	3,59	51,90	2,93	1,23
61,63	1,95	3,16	Sp.	1,63	99,92	20,06	8,54	3,48	62,65	3,12	1,95
63,73	0,55	1,16	0,77	0,72	100,56	20,21	10,93	2,79	64,32	3,18	1,90
61,85	0,43	2,18	1,28	2,78	101,11	21,92	8,94	2,72	63,73	2,91	1,90
62,97	2,55	1,20	0,96	2,10	99,80	20,25	7,50	3,22	64,96	3,21	2,10
62,56	0,69	0,23	2,12	4,47	100,64	27,09	5,39	0,02	66,50	2,45	2,05
57,30	0,81	1,78	2,64	4,39	99,69	23,69	11,53	0,02	61,63	2,60	1,75
59,95	3,67	0,61	0,89	3,85	100,87	22,86	8,01	2,31	62,36	2,73	1,88
62,76	1,71	0,47	0,29	2,36	99,47	21,51	7,76	3,48	64,47	3,00	1,97
57,99	0,96	1,28	1,24	2,76	98,47	23,57	8,74	3,35	60,40	2,56	1,69

No.	Einsender	Herkunft	Jahr	Chemiker	Chem. Zusammen-		
					SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %
		Portlandcemente.					
18*	Rob. Dykerhoff	P.-Cementf. Amöneberg	„	Prof. Treadwell	19,83	7,50	3,96
19*	„	„ „	„	„	20,79	8,20	3,20
20*	„	„ „	„	„	21,45	7,79	3,53
21	Dr. W. Michaelis	P.-Cementf. Vorwohle	„	„	21,20	6,70	3,35
22	Meurgey, Porteret & Guingat	P.-Cementfabr. Tenay	„	Prof. Lunge	20,50	9,09	3,50
23	L. Du Pasquier	Usine de Grandchamp	1884	Dr. Heintzel	20,16	6,19	2,90
24*	Der Mühle entnommen	P.-Cementf. Malstatt	„	„	23,39	8,04	4,17
25	„	„ „	„	„	23,13	8,31	4,11
26	Direktor Schott	Schifferdecker & Söhne	1885	Prof. Treadwell	19,62	7,97	4,25
27	„ „	„ „ „	„	„	20,03	7,92	3,35
28	„ „	„ „ „	„	„	22,85	8,25	1,65
29*	Aus dem Handel	„ „ „	„	„	19,90	9,62	2,78
30	Frei & Jakobs	Zürich	„	„	19,43	8,81	1,63
31	Direktor Brosi	P.-Cementfbr. Luterbach	1886	„	21,68	6,19	2,70
32	„ „	„	„	„	21,85	7,20	2,82
33*	Jos. Priebsch, jun.	P.-Cementf. Judendorf	„	Prof. Treadwell	18,41	8,93	1,63
34*	Direktor Haselblatt	Cementf. Novorossiik	„	„	23,50	4,73	2,00
35*	Berging. L. Roth	Wetzlar (Karlstadt)	„	Dr. Heintzel	17,06	5,28	3,07
36*	„ „	„ „	„	„	19,92	7,01	2,73
37	—	P.-Cementf. Fleiner	1889	Prof. Treadwell	19,98	7,38	2,80
38	P.-Cementfabrik	Rozloch	„	Dr. Heintzel	22,50	6,19	2,16
39*	Soc. anonima fabbr. di calce et cementi	Casale Monferrato	„	Prof. Treadwell	22,23	8,19	2,86
40	P.-Cementfabrik	Rozloch	„	„	20,25	6,52	2,20
41	—	P.-Cement. Klinkermehl von Rozloch	1890	H. Rey	22,86	8,13	2,88
42	—	Cementfabrik Ripanj	„	Prof. Treadwell	24,86	6,20	3,86
43*	—	Schweiz. Provenienzen.	1889	Dr. Heintzel	18,27	5,85	2,45
44*	—		„	„	18,30	5,47	2,03
45*	—		„	„	19,67	5,23	2,27
46*	—		„	„	18,10	4,93	2,27
47*	—		„	„	19,97	5,06	2,04
48*	—		„	„	19,14	5,91	1,44
49*	—		„	„	17,17	5,46	2,39

setzung im Anlieferungszustand						CO_2 und H_2O frei:				$\frac{CaO}{SiO_2}$	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$
CaO %	MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %		
Portlandcemente.											
63,60	1,89	2,14	0,67	0,98	100,57	20,05	7,58	4,00	64,29	3,21	2,03
62,55	2,27	2,31	0,75	0,82	100,89	20,93	8,26	3,22	62,97	3,01	1,94
62,36	2,64	1,04	0,25	0,90	99,96	21,70	7,88	3,57	63,09	2,90	1,90
61,83	1,83	3,18	1,02	1,48	100,59	21,60	6,83	3,41	63,02	2,92	1,98
52,95	1,50	2,44	3,68	5,76	99,42	22,63	10,04	3,86	58,47	2,58	1,60
61,76	3,76	1,27	3,05		99,09	20,79	6,38	2,99	63,70	3,06	2,11
60,10	1,84	?	1,93		98,47	22,83	8,20	4,25	61,28	2,68	1,73
59,09	1,63	?	1,96		98,23	23,59	8,47	4,19	60,27	2,62	1,71
61,79	1,31	2,39	1,21	2,43	100,97	20,16	8,19	4,37	63,47	3,15	1,94
60,58	1,63	3,54	1,16	2,22	100,43	20,63	8,16	3,45	62,41	3,02	1,93
61,50	1,20	2,51	1,00	0,73	99,69	23,25	8,39	1,68	62,59	2,69	1,88
62,56	2,11	1,80	0,38	0,77	99,92	20,13	9,73	2,80	63,29	3,14	1,94
63,61	2,36	2,65	0,35	0,75	99,59	19,64	8,91	1,65	64,32	3,27	2,13
62,28	1,51	3,01	0,92	2,55	100,84	22,26	6,35	2,77	63,96	2,87	2,04
61,17	0,83	1,93	0,59	2,13	98,52	22,46	7,40	2,89	62,88	2,80	1,92
64,88	1,31	1,75	1,07	1,99	99,97	18,99	9,21	1,68	66,93	3,53	2,24
66,14	0,72	1,24	1,26	0,66	100,25	24,14	4,86	2,06	67,95	2,81	2,19
48,45	17,28	1,85	6,36		99,35	18,22	5,64	3,28	51,74	2,84	1,90
54,29	8,35	2,43	4,57		99,30	20,87	7,34	2,86	56,89	2,72	1,83
62,54	0,94	2,80	0,72	1,56	98,72	20,45	7,55	2,86	64,00	3,13	2,07
61,24	1,71	1,95	2,93		98,68	—	—	—	—	—	—
56,86	2,12	1,51	3,93	1,99	99,69	23,52	8,71	3,04	60,44	2,57	1,71
62,51	2,09	0,61	4,58	0,70	99,46	—	—	—	—	—	—
64,67	0,23	—	—	—	98,77	22,86	8,13	2,88	64,67	2,83	1,91
58,13	1,58	2,75	0,92	0,98	99,28	25,34	6,32	3,93	59,25	2,34	1,66
51,35	1,01	2,56	11,74	6,13	99,36	22,24	7,12	2,99	62,52	2,81	1,93
51,21	0,95	2,04	11,69	7,33	99,02	22,60	6,75	2,51	63,24	2,80	1,99
53,50	0,95	1,70	9,99	5,78	99,09	23,60	6,28	2,72	63,12	2,67	1,94
51,97	0,94	1,89	11,90	7,10	99,10	22,35	6,09	2,80	64,16	2,87	2,05
52,97	1,03	1,54	11,85	4,77	99,23	23,95	6,07	2,45	63,53	2,65	1,96
52,15	0,97	1,71	11,44	6,43	99,19	23,30	7,20	1,75	63,50	2,72	1,97
52,53	1,21	1,63	7,18	11,27	98,84	21,06	6,70	2,93	64,41	3,06	2,10

No.	Einsender	Herkunft	Jahr	Chemiker	Chem. Zusammen-		
					SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %
Portlandcemente.							
50*	—	Schweiz. Provenienzen	1889	Dr. Heintzel	20,00	5,29	2,26
51*	—		„	„	16,92	5,45	2,15
52*	—		„	Prof. Treadwell	20,97	7,51	2,83
53*	—		„	„	18,87	6,30	1,58
54*	Prof. Bauschinger	München	„	„	18,70	7,51	4,29
55*	„	„	„	„	18,87	5,65	2,72
56*	Stadtbauamt	Wien	„	J. Korin	16,55	9,12	
57	L. Breuer	Budapest	1891	E. Ruhoff	22,20	7,47	4,23
58	Alb. Fleiner	Aarau	„	E. Schmid	19,77	11,71	0,30
59	Redlich, Ohrenstein und Spitzer	Cserevic	„	Dr. C. Forrer	20,05	8,17	3,73
60	Zellstofffbr. Waldhof	Dyckerhoff Amöneberg	1892	„	20,64	8,21	3,21
61	„	Mannheim	„	„	21,31	7,77	2,72
62	Kalk- u. Cementfbr.	Beckenried	„	G. Epprecht	21,28	8,13	3,37
63*)	„	„	„	„	15,32	7,73	2,66
64	Dalstein & Co.	Vallorbes	„	E. Ruhoff	20,21	7,46	3,88
65	L. Du Pasquier	Grandchamp	„	„	23,21	7,20	2,67
66	„	„	„	„	23,17	6,18	2,10
67	Cementfabrik	Rozloch	1893	A. Gygi	22,54	7,91	2,52
68	„	Laufen	„	„	22,29	6,77	2,50
69	Zurlinden & Co.	Aarau	„	„	21,82	7,36	3,84
70	„	„	„	„	21,86	7,61	3,25
71	R. Vigier	Luterbach	„	„	24,16	8,29	2,17
72	M. Schmidt	Olten	„	A. Wolkowicz	22,57	6,77	2,31
73	„	„	„	„	22,63	7,03	2,23
74	„	„	„	„	24,82	7,21	2,32
75	„	„	„	„	25,07	8,46	2,22
76	L. Du Pasquier	Grandchamp	„	„	23,14	6,58	2,14
77	Basler Cementfabrik	Dittingen	„	„	23,21	6,59	2,41
78	„	St. Sulpice	„	„	23,71	5,03	2,12
79	Cementwerke	Heidelberg	„	„	23,78	9,28	2,68
80	Zurlinden & Co.	Aarau	„	„	21,60	8,31	2,57
81	L. Du Pasquier	Grandchamp	„	„	22,29	7,28	2,30

*) Romancemente; nach Farbe und Festigkeitsverhältnissen Portland-artig.

setzung im Anlieferungszustand						CO_2 und H_2O frei:				$\frac{CaO}{SiO_2}$	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$
CaO %	MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %		
Portlandcemente.											
52,52	0,97	2,01	8,90	6,85	98,80	23,74	6,28	2,68	62,34	2,63	1,91
52,36	3,12	0,95	12,62	5,48	99,05	20,66	6,66	2,62	63,93	3,09	2,13
59,84	1,49	2,87	2,30	1,70	99,51	21,84	7,82	2,95	62,33	2,85	1,91
53,22	0,87	1,03	12,17	5,67	99,71	22,97	7,67	1,92	64,79	2,82	1,99
54,01	0,78	2,23	8,30	4,12	99,94	21,35	8,58	4,90	61,67	2,89	1,77
51,47	3,03	2,40	10,50	5,11	99,75	22,36	6,70	3,22	60,99	2,73	1,89
56,47	—	—	14,15	3,80	100,09	20,15	11,10		68,75	3,41	2,20
60,50	1,71	3,36	0,83	—	100,30	22,31	7,51	4,27	60,82	2,73	1,78
61,67	1,30	1,22	0,56	1,54	98,07	20,19	11,96	0,31	62,99	3,12	1,94
59,20	2,21	3,19	1,18	2,21	99,94	20,75	8,46	3,86	61,28	2,95	1,85
62,50	1,29	2,25	0,62	1,15	99,87	21,01	8,36	3,27	63,63	3,03	1,95
62,36	1,70	3,01	0,18	0,70	99,75	21,50	7,84	2,74	62,91	2,93	1,96
56,08	1,10	2,60	5,03	1,39	98,98	22,74	8,47	3,49	59,93	2,64	1,73
57,31	2,23	4,09	5,46	5,10	99,90	17,13	8,64	2,97	64,08	3,74	2,23
62,11	1,59	2,50	0,97	0,79	99,51	20,57	7,59	3,95	63,22	3,07	1,97
60,32	2,02	1,72	0,98	1,52	99,64	23,81	7,38	2,74	61,87	2,60	1,82
61,73	1,30	2,22	1,11	1,21	99,02	23,72	6,33	2,15	63,20	2,67	1,96
59,40	1,00	1,65	1,62	1,85	98,49	23,35	8,19	2,61	61,55	2,64	1,80
60,93	1,67	3,06	0,82	1,48	99,52	22,81	6,93	2,56	62,36	2,73	1,93
61,99	1,47	1,61	0,68	1,05	99,82	22,20	7,49	3,91	63,08	2,84	1,88
61,89	1,60	1,56	0,67	1,07	99,51	22,24	7,74	3,31	62,99	2,83	1,89
59,90	1,42	2,03	0,59	1,02	99,58	24,56	8,43	2,21	60,88	2,48	1,73
62,15	—	2,68	1,33	1,04	98,85	23,12	6,93	2,37	63,66	2,75	1,96
63,13	Sp.	2,11	0,45	0,80	98,38	22,92	7,12	2,26	63,93	2,79	1,98
59,58	1,04	0,63	2,54	1,56	99,70	25,88	7,52	2,42	62,13	2,40	1,73
55,94	1,48	0,58	3,79	1,92	99,46	26,59	8,97	2,35	59,33	2,23	1,57
60,89	1,31	2,38	1,09	1,86	99,39	23,84	6,78	2,21	62,74	2,63	1,91
63,44	1,19	1,66	0,49	1,00	99,99	23,56	6,69	2,45	64,30	2,73	1,97
64,97	1,39	0,93	0,65	0,49	99,29	23,98	5,09	2,14	65,72	2,74	2,11
55,83	1,49	2,07	1,21	2,92	99,26	24,59	9,59	2,77	57,72	2,35	1,56
61,61	1,55	2,84	0,44	0,99	99,91	21,91	8,43	2,61	62,49	2,85	1,90
60,54	1,21	3,41	0,78	1,74	99,55	22,87	7,47	2,36	62,10	2,71	1,90

No.	Einsender	Herkunft	Jahr	Chemiker	Chem. Zusammen-		
					SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %
		Portlandcemente.					
82	R. Vigier	Luterbach	1893	E. Ruhoff	22,28	6,30	1,79
83	Wagner & Co.	Stans	„	A. Häuptli	21,07	5,95	2,54
84	Basler Cementfabrik	Dittingen	„	„	21,00	5,25	2,52
85	„	„	„	„	21,30	8,31	2,54
86	Aus dem Handel	Mannheim	„	„	22,01	7,45	2,76
87*	Chaudet frères	Clarens	1894	E. Ruhoff	20,49	5,15	2,74
88	Zurlinden & Co.	Aarau	„	A. Häuptli	21,18	6,94	2,76

Bemerkungen zu den mit * bezeichneten Nummern:

No. 1 Natürlicher Portlandcement.
„ 2 „ „
„ 8 Abnormal.
„ 9 Natürlicher Cement.
„ 11 „ „
„ 14 „ „
„ 15 „ „
„ 18 Langsambinder.
„ 19 Mittelbinder.
„ 20 Raschbinder.
„ 24 S, SO_3 und Alkalien sind nicht bestimmt.
„ 29 Langsam bindend.
„ 33 Natürlicher Portlandcement.
„ 34 do. do.
„ 35 Scharfgebrannter Magn.-Cement.
„ 36 do. do.

setzung im Anlieferungszustand						CO_2 und H_2O frei:				$\frac{CaO}{SiO_2}$	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$
CaO %	MgO %	$CaSO_4$ %	CO_2 %	H_2O %	Summe	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %		
Portlandcemente.											
60,90	0,89	3,05	0,58	1,47	97,26	22,75	6,43	1,83	62,18	2,73	2,01
64,46	2,33	2,18	0,73	0,74	100,00	21,38	6,04	2,60	65,43	3,06	2,18
66,28	2,16	2,15	0,33	0,30	99,99	21,13	5,28	2,53	66,70	3,16	2,30
62,67	1,37	2,35	0,31	1,00	99,85	21,58	8,42	2,57	63,50	2,94	1,95
62,41	1,27	2,12	0,29	0,76	99,07	22,24	7,53	2,79	63,07	2,84	1,94
45,89	20,90	1,78	1,66	1,95	100,56	21,14	5,31	2,82	47,34	2,24	1,62
63,04	0,83	3,73	0,46	0,80	99,74	21,45	7,03	2,80	63,84	2,98	2,04

Bemerkungen zu den mit * bezeichneten Nummern:

No. 39 Romancementartig.
„ 43 Lufttreiber.
„ 44 „
„ 45 „
„ 46 „
„ 47 „ Fassmitte.
„ 48 „ Fassrand.
„ 49 „
„ 50 „
„ 51 „
„ 52 Durch lange Lagerung knollig geworden.
„ 53 Lufttreiber.
„ 54 „
„ 55 „
„ 56 „
„ 87 Magnesiacement; starker Treiber.

2. Resultate der Untersuchung der Farbe und Struktur.

Je nach chemischer Zusammensetzung, Grösse des Eisengehalts und Brandstärke ist die Farbe farbenechter hydraulischer Bindemittel verschieden.

a. Hydraulische Kalke.

Eine charakteristische Farbe existiert nicht. Eisenarme, vorwiegend aus Kieselkalken erbrannte Kalksorten zeigen eine helle, weisslich-graue Farbe (Feldgypsähnlich), während eisenschüssige Mergel hydraul. Kalke liefern, die gelblich bis okerartig, mit Übergängen ins Braune gefärbt sein können.

b. Romancemente.

Romancemente sind aus thonreichen Kalkmergeln vor eintretender Sinterung gebrannt; sie sind daher auch stets gelblich mit Übergängen ins Braune.

c. Portlandcemente.

Portlandcemente besitzen die charakteristische, mässig dunkelgraue, dem Portlandfels entsprechende Farbe; nicht selten zeigt das Grau dieser Cemente einen Stich ins Gelbliche, bezw. einen solchen ins Grüne. Hell-weisslich-graue Portlandcemente existieren ebensowenig als gelbliche oder rötlich-gelbliche. Mit Flussspath gesinterte Portlandcemente zeigen eine schmutzig grau-braune (Chokolade ähnliche) Farbe.

Bemerkung. Nachdem die Bezeichnung *„Portlandcement"* von der *Farbe* des Portland-Felsens und nicht von dessen „spezif. Gewicht" abgeleitet ist, haben wir in unserer nachfolgenden Zusammenstellung ohne Rücksicht auf die Gewichtsverhältnisse, die als „Portlandcement" deklarierten Fabrikate als solche eingetragen, wenn deren Farbe entsprach.

d. Schlackencemente.

Die Naturfarbe der Schlackencemente ist die hell-weisslich-graue. Ohne künstliche Färbung sind andere Farbtöne ausgeschlossen; die dunkelgraue, portlandartige Farbe des Schlackencementes einzelner Fabriken ist daher ebenfalls eine künstliche.

Die hydraul. Bindemittel sind durchwegs körnig, sandig, rauh. Blos einzelne Sorten des hydraul. Kalkes, sowie die Schlackencemente fühlen sich dem trocken gelöschten Weisskalke ähnlich, mehlig, fettig, weich an, was lediglich durch die Materialzusammensetzung und die Kornfeinheit bedingt ist. Kennzeichnende Unterschiede in der Struktur, Oberflächenbeschaffenheit und Durchscheinbarkeit des Korns hydraul. Bindemittel konnten nicht gefunden werden. Unter dem Mikroskop zerfällt die mit Alkohol angemachte Probe irgend eines hydraul. Bindemittels in ein Konglomerat meist hellweisslicher, oder schwach gelblich gefärbter, rundlich eckiger, durchscheinender Körner mit mehr oder weniger muschligen Anbruchflächen. Portlandcemente erscheinen als loses Haufwerk körniger Partikelchen, welche durchsetzt sind mit einzelnen lamellaren, splittrigen, oft nadelförmigen Teilchen, ohne jedoch eine charakteristische, blättrig schuppige, splittrig scharfe Struktur zu ergeben. Gleiches gilt von gekugelten Schlackencementen.

3. Resultate der Untersuchung der Gewichtsverhältnisse hydraul. Bindemittel.

In nachfolgenden Zusammenstellungen geben wir eine Übersicht über die Gewichtsverhältnisse der hydraul. Bindemittel, geprüft in den Jahren 1886 bis 1894. Zu diesen Zusammenstellungen sei erläuternd bemerkt, dass nachdem sich die Unmöglichkeit der Berücksichtigung sämtlicher in vorstehend genanntem Zeitraume im eidg. Festigkeitsinstitute geprüften Bindemittel herausstellte, wir mit Rücksicht auf die Wünschbarkeit, eine Übersicht über die Eigenschaften gleichartiger Bindemittel verschiedener Herkunft zu geben, von den Prüfungsergebnissen des Materials ein- und derselben Fabrik, soferne in einem Monate mehr als 2 Einläufe vorlagen, blos deren *zwei* u. z. diejenigen mit den besten und schlechtesten Resultaten aufgenommen haben. Lagen im gleichen Monate 2 angenäherte gleichwertige Prüfungsergebnisse vor, so wurde stets nur die *eine* berücksichtigt. Gänzlich unberücksichtigt blieben in den nachstehenden Zusammenstellungen ferner jene Bindemittel, die für wissenschaftliche Untersuchungen verwendet wurden und an anderer Stelle unserer Publikation angeführt werden mussten.

Importwaaren, sowie Sendungen ausländischer Interessenten wurden ähnlich behandelt; die Ergebnisse der Untersuchungen dieser Waaren sind in nachstehenden Zusammenstellungen durch fett gedruckte Ziffern in den Kolumnen »Lauf. No.« kenntlich gemacht.

Hydraulische Kalke.

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
		Jahrgang 1886.				
1	—	2,68	13,00	0,74	0,70	1,21
2	—	2,93	7,34	0,96	0,92	1,44
3	—	2,71	14,40	0,86	0,83	1,30
		Jahrgang 1887.				
4	—	2,73	14,90	0,79	0,78	1,26
5	—	2,79	12,50	0,77	0,75	1,22
6	—	—	—	0,87	0,84	1,36
7	—	—	—	0,82	0,81	1,32
8	—	2,73	14,30	0,83	0,82	1,30
9	—	2,70	15,10	0,81	0,74	1,25
10	—	2,82	9,00	0,84	0,78	1,34
		Jahrgang 1888.				
11	—	2,94	8,93	0,94	0,91	1,55
12	—	2,68	17,04	0,79	0,71	1,20
13	—	2,66	15,20	0,74	0,68	1,13
14	—	2,73	8,88	0,93	0,89	1,46
15	—	2,68	14,20	0,83	0,76	1,26
16	—	2,69	17,50	1,00	0,91	1,51
17	—	2,78	11,88	0,95	0,85	1,41
18	—	2,66	12,96	0,80	0,77	1,30
19	—	2,77	11,75	0,96	0,93	1,56
20	—	2,55	19,72	0,71	0,59	1,04
21	—	2,79	9,01	0,98	0,94	1,54
		Jahrgang 1889.				
22	—	2,97	3,93	1,07	1,00	1,63
23	—	2,70	11,02	1,02	0,89	1,47
24	—	2,77	10,32	1,07	0,97	1,56
25	—	2,55	17,88	0,84	0,74	1,31
26	—	2,71	10,45	1,01	0,90	1,54
27	—	2,73	13,20	0,94	0,85	1,37
Durchschnitt		2,68	11,64	0,88	0,82	1,36
28	26	2,80	8,84	1,01	0,81	1,44
29	—	2,60	14,93	0,74	0,73	1,13
30	—	2,69	12,07	0,82	0,76	1,24
31	—	2,64	14,04	0,80	0,70	1,12
32	—	2,72	13,30	0,96	0,85	1,38
33	—	2,73	11,65	0,89	0,88	1,32
34	—	2,77	10,76	0,94	0,87	1,41
35	—	2,80	8,43	0,94	0,90	1,52
36	—	2,63	12,33	0,87	0,81	1,26
37	—	2,71	13,28	1,05	0,71	1,14
38	—	2,70	11,38	0,92	0,88	1,48
39	—	2,80	11,76	0,93	0,87	1,37
40	—	2,91	8,17	0,99	0,87	1,41
41	—	2,74	12,60	0,90	0,81	1,28
42	—	2,80	9,75	0,94	0,85	1,41
43	—	2,83	9,93	0,98	0,90	1,43
44	—	2,78	9,56	0,92	0,87	1,40
45	—	2,71	10,53	0,93	0,88	1,39
46	—	2,68	12,78	0,78	0,70	1,18
47	—	2,84	7,42	0,92	0,80	1,34
48	—	2,82	10,15	0,93	0,84	1,37
49	—	2,78	10,54	1,03	0,90	1,53
50	—	2,65	17,94	0,89	0,84	1,37
51	—	2,84	8,15	0,94	0,88	1,46
52	—	2,74	16,82	0,91	0,88	1,46
53	—	2,74	12,98	0,82	0,77	1,25
54	—	2,64	15.49	0,75	0,68	1,13
55	—	2,68	16,28	0,84	0,76	1,23
56	—	2,73	10,40	0,88	0,82	1,33
57	—	2,81	9,58	0,97	0,89	1,48
58	—	2,69	15,08	0,86	0,77	1,27
Durchschnitt		2,74	11,84	0,90	0,82	1,34

Hydraulische Kalke.

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Jahrgang 1890.					
59	—	2,72	11,42	1,03	0,97	1,54
60	—	2,73	13,08	0,81	0,67	1,17
61	—	2,67	17,55	1,18	0,73	1,56
62	—	2,80	12,86	0,73	0,65	1,12
63	—	2,83	10,05	0,82	0,72	1,24
64	—	2,91	6,53	0,94	0,83	1,29
65	—	2,68	16,13	0,83	0,76	1,22
66	—	2,59	14,55	0,91	0,76	1,26
67	—	2,75	13,83	0,86	0,74	1,34
68	—	2,69	17,42	0,85	0,78	1,27
69	—	2,74	12,56	0,97	0,93	1,48
70	—	2,87	11,42	0,92	0,78	1,28
71	—	2,61	16,03	0,79	0,64	1,35
72	—	2,73	10,98	0,89	0,87	1,12
73	—	2,65	15,65	0,71	0,63	1,09
74	—	2,63	17,20	1,00	0,94	1,50
75	—	2,70	14,00	0,81	0,73	1,20
76	—	2,71	15,50	0,98	0,87	1,41
77	—	2,29	22,60	0,47	0,44	0,73
78	—	2,64	13,56	0,89	0,77	1,27
79	—	2,67	15,85	0,90	0,82	1,31
80	—	2,76	7,10	0,85	0,76	1,26
81	—	2,63	16,13	0,79	0,77	1,26
82	—	2,62	14,77	0,74	0,68	1,12
83	—	2,73	12,42	0,97	0,91	1,49
84	—	2,87	9,23	0,95	0,87	1,42
Jahrgang 1891.					
85	—	2,65	14,04	0,87	0,82	1,34
86	—	2,74	10,62	0,83	0,71	1,25
87	31	2,73	9,83	1,01	0,95	1,56
Durchschnitt		2,70	13,55	0,87	0,78	1,29
88	—	2,64	12,25	0,96	0,89	1,44
89	—	2,62	16,53	0,80	0,72	1,17
90	—	2,67	16,17	0,86	0,75	1,23
91	—	2,79	9,00	0,91	0,87	1,37
92	32	2,73	12,42	1,00	0,90	1,41
93	—	2,75	10,80	0,93	0,81	1,28
94	33	2,80	9,81	0,97	0,86	1,32
95	—	2,78	9,86	0,97	0,92	1,43
96	—	2,73	11,89	1,03	0,93	1,52
97	—	2,72	11,14	0,87	0,80	1,26
98	34	2,68	11,78	0,96	0,89	1,33
99	—	2,72	10,09	0,95	0,84	1,38
100	—	2,70	11,00	0,87	0,81	1,23
101	—	2,77	10,34	0,92	0,85	1,36
102	—	2,79	8,82	0,91	0,83	1,31
103	—	2,72	10,36	0,86	0,80	1,26
104	—	2,78	10,37	0,86	0,76	1,31
105	—	2,71	10,37	1,05	0,91	1,54
106	—	2,66	15,71	0,86	0,74	1,26
107	38	—	—	0,85	0,69	1,10
108	—	2,65	10,94	0,76	0,69	1,11
109	—	2,65	17,48	0,84	0,72	1,27
Jahrgang 1892.					
110	—	2,63	14,40	0,87	0,87	1,30
111	—	2,76	10,14	0,87	0,75	1,31
112	—	2,81	8,92	0,89	0,76	1,33
113	—	2,75	10,86	0,91	0,78	1,35
114	—	2,84	10,18	0,99	0,85	1,46
115	—	2,72	13,22	0,82	0,79	1,33
116	—	2,79	8,57	1,03	0,91	1,51
117	—	2,74	12,48	0,90	0,79	1,35
Durchschnitt		2,70	11,20	0,91	0,82	1,33

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt	Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Hydraulische Kalke.											
118	40	2,71	30,90	1,47	0,59	1,67	147	—	2,69	12,26	0,96	0,87	1,44
119	—	2,62	13,88	0,92	0,80	1,33	148	—	2,68	12,54	0,80	0,64	1,15
120	—	2,74	12,77	0,90	0,77	1,32	149	—	2,78	18,48	0,94	0,81	1,24
121	—	2,74	9,79	1,00	0,87	1,40	150	—	2,85	8,95	1,05	0,92	1,40
122	—	2,67	15,25	0,77	0,65	1,14	151	—	2,72	12,74	1,04	0,76	1,45
123	—	2,76	9,60	0,99	0,84	1,46	152	—	2,77	10,21	1,22	0,85	1,37
124	—	2,71	13,57	0,90	0,74	1,30	153	—	2,68	14,20	1,03	0,89	1,46
125	—	2,59	12,61	0,80	0,60	1,05	154	—	2,84	8,84	1,09	0,90	1,49
126	—	2,70	9,55	1,00	0,90	1,53	155	—	2,78	10,28	1,00	0,88	1,43
127	—	2,71	12,94	0,97	0,89	1,22	156	—	2,61	15,48	0,91	0,78	1,30
128	—	2,70	10,33	0,86	0,70	1,24	157	—	2,76	11,30	0,93	0,81	1,31
129	43	2,85	5,78	1,06	0,89	1,52	158	—	2,75	11,26	1,01	0,88	1,45
130	—	2,66	13,26	0,88	0,75	1,30	159	—	2,70	11,39	1,00	0,81	1,40
131	—	2,60	12,31	0,86	0,75	1,34	160	—	2,69	13,54	1,00	0,83	1,39
132	44	2,59	18,18	1,03	0,89	1,51	161	—	2,58	15,39	0,92	0,85	1,34
133	—	2,48	21,08	0,75	0,63	1,11	162	—	2,74	10,48	0,86	0,72	1,21
134	—	2,81	10,44	0,97	0,89	1,46	163	—	2,69	12,41	1,03	0,86	1,41
135	—	2,76	14,29	0,83	0,62	1,27	164	—	2,68	12,40	0,93	0,77	1,28
136	—	2,53	23,65	0,76	0,69	1,13	165	—	2,83	15,22	1,07	0,91	1,50
137	—	2,67	13,72	0,73	0,63	1,05	166	—	2,78	10,08	1,18	0,85	1,41
138	—	2,68	15,80	0,95	0,81	1,35	167	—	2,70	11,18	0,99	0,84	1,39
139	—	2,68	12,16	0,82	0,75	1,28	168	—	2,78	15,60	0,95	0,82	1,35
140	—	2,82	6,86	1,00	0,87	1,44	169	—	2,68	13,71	0,86	0,73	1,23
141	—	2,75	11,45	1,00	0,90	1,42	170	—	2,74	9,13	0,97	0,81	1,32
							171	—	2,71	12,72	0,98	0,91	1,32
Jahrgang 1893.							172	—	2,76	10,20	1,08	0,85	1,55
142	—	2,85	12,36	0,97	0,91	1,55	173	—	2,79	6,92	1,02	0,87	1,43
143	—	2,56	15,64	0,62	0,62	0,94	174	—	2,66	12,22	0,87	0,75	1,24
144	—	2,82	15,82	0,86	0,69	1,21	175	—	2,68	11,98	0,95	0,83	1,32
145	—	2,66	14,75	0,65	0,52	1,12	176	—	2,81	10,51	1,16	0,96	1,54
146	—	2,73	7,64	0,90	0,81	1,26							
Durchschnitt		2,69	13,67	0,90	0,76	1,31	Durchschnitt		2,73	12,05	0,99	0,83	1,37

Romancemente.

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Jahrgang 1886.					
1	—	2,90	10,21	0,85	1,50
2	—	2,98	6,23	0,93	1,49
3	—	—	—	1,29	1,96
4	—	2,96	8,74	0,95	1,51
5	—	3,03	3,47	1,30	1,97
6	—	2,94	7,43	1,04	0,99	1,59
7	—	2,88	9,78	0,90	0,79	1,30
8	—	2,97	8,10	0,95	0,89	1,44
9	—	2,92	5,11	1,11	1,10	1,73
10	—	3,06	4,00	1,00	1,95	1,53
Jahrgang 1887.					
11	—	2,95	7,10	0,94	0,88	1,36
12	—	2,99	3,90	1,17	1,07	1,80
13	—	3,07	5,11	0,96	0,91	1,49
14	—	3,13	3,33	1,20	1,07	1,69
15	—	3,03	6,01	1,02	1,81	1,45
16	—	2,96	5,82	1,29	1,00	1,58
17	—	3,04	6,24	1,01	0,88	1,47
18	—	2,93	10,54	0,92	0,82	1,33
19	—	3,01	6,70	1,02	0,92	1,49
20	—	2,87	9,30	1,17	1,11	1,73
21	—	2,83	8,96	1,13	1,10	1,73
Jahrgang 1888.					
22	—	3,04	5,40	1,06	0,91	1,57
23	—	3,05	4,77	1,00	0,91	1,64
24	—	3,02	6,00	0,99	0,84	1,50
25	—	2,97	6,23	1,06	0,96	1,64
26	—	2,86	9,04	0,80	0,70	1,23
Durchschnitt		2,98	6,70	1,04	1,03	1,57

Lauf. No.	No. der chemisch Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttel
Jahrgang 1889.					
27	—	3,06	4,81	1,12	0,96	1,62
28	—	2,96	6,80	0,88	0,78	1,38
29	—	2,98	4,19	1,20	1,16	1,86
30	—	3,02	7,21	0,39	0,77	1,41
31	—	2,99	4,20	1,25	1,13	1,84
32	—	2,95	8,22	0,83	0,78	1,26
33	—	2,93	7,45	0,88	0,74	1,25
34	—	3,06	4,82	1,08	0,98	1,58
35	—	2,94	6,79	0,97	0,90	1,88
36	—	3,06	4,38	1,07	0,95	1,69
37	16	3,00	5,45	1,04	0,97	1,51
38	—	3,09	4,24	1,06	0,97	1,55
39	—	3,05	5,02	1,09	1,02	1,69
40	—	2,91	3,79	1,28	1,17	1,87
Jahrgang 1890.					
41	—	3,10	4,22	1,05	0,93	1,61
42	—	3,02	5,90	0,93	0,78	1,34
43	—	2,82	10,03	1,04	0,95	1,51
44	—	3,09	4,66	1,11	0,99	1,58
45	—	3,04	4,90	1,02	0,84	1,51
46	—	3,05	5,35	1,10	0,89	1,58
47	—	3,11	4,90	1,11	0,96	1,60
48	—	3,11	5,04	1,08	0,98	1,57
49	—	3,03	8,30	0,91	0,74	1,29
50	—	3,10	4,22	1,55	0,99	1,57
Jahrgang 1891.					
51	—	2,87	8,35	1,06	1,03	1,63
52	—	3,00	4,39	0,97	0,87	1,47
53	18	3,06	3,67	1,00	0,95	1,50
Durchschnitt		3,01	5,60	1,04	0,93	1,56

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Romancemente.					
54	—	3,08	2,68	1,07	0,99	1,58
55	—	2,99	3,68	0,93	0,83	1,40
56	—	3,14	4,14	1,16	1,09	1,60
57	—	2,83	11,09	1,01	0,91	1,45
58	19	2,89	10,16	0,70	0,65	1,05
59	—	2,29	4,89	1,02	0,89	1,47
60	—	3,09	5,12	1,08	0,93	1,48
61	—	2,95	9,14	0,89	0,80	1,42
62	—	3,09	4,56	1,09	0,92	1,52
63	—	3,07	3,01	1,06	0,95	1,60
Jahrgang 1892.						
64	63	2,81	10,23	0,97	0,94	1,52
65	—	3,08	2,36	1,03	0,85	1,57
66	—	2,98	5,23	1,11	0,93	1,63
67	—	3,08	2,88	1,08	0,92	1,58
68	—	3,14	1,94	1,37	0,86	1,58
69	—	3,11	2,58	1,12	0,98	1,60
70	—	3,01	3,69	1,04	0,95	1,54
71	—	3,10	2,64	1,03	0,91	1,58
72	—	3,10	4,50	1,00	0,84	1,49
Durchschnitt		2,99	4,97	1,04	0,90	1,51
73	—	3,10	2,51	0,99	1,94	1,63
74	—	3,09	2,74	1,08	0,95	1,56
75	—	3,12	5,18	1,07	0,94	1,56
76	—	3,01	5,23	0,97	0,86	1,46
77	—	3,07	2,04	1,10	0,96	1,59
78	—	2,96	3,69	0,90	0,86	1,41
Jahrgang 1893.						
79	—	3,00	4,25	1,11	0,96	1,60
80	31	2,88	6,51	1,00	0,79	1,34
81	32	2,92	6,20	1,01	0,79	1,36
82	—	3,07	3,36	1,00	0,86	1,40
83	—	3,11	2,85	1,12	0,93	1,49
84	—	3,10	2,88	1,15	1,03	1,56
85	—	3,03	4,30	1,04	0,90	1,44
86	—	3,11	1,55	0,97	0,82	1,36
87	—	3,03	5,37	1,01	0,87	1,36
88	—	3,07	4,42	1,08	0,90	1,47
89	33	2,95	7,27	0,98	0,81	1,35
90	—	3,07	3,44	1,18	0,98	1,58
91	—	2,96	6,18	0,90	0,76	1,39
Durchschnitt		3,03	4,21	1,03	0,94	1,47
Schlackencemente.						
Jahrgang 1886.						
1	—	2,67	7,24	1,03	—	1,63
2	—	2,69	7,75	1,03	—	1,62
3	—	2,65	9,74	0,97	0,94	1,61
4	—	2,67	8,47	0,96	0,92	1,51
5	1	2,75	6,50	1,07	1,02	1,61
6	—	2,67	7,93	1,05	1,02	1,59
Durchschnitt		2,68	7,94	1,02	0,98	1,60
Jahrgang 1887.						
7	2	2,66	7,11	1,06	1,05	1,61
8	—	2,66	7,26	1,05	1,03	1,64
9	—	2,67	6,47	1,09	1,04	1,61
Jahrgang 1888.						
10	3	2,68	7,65	1,10	1,03	1,70
11	—	2,69	8,10	1,09	1,01	1,69
Durchschnitt		2,67	7,32	1,08	1,03	1,65

Schlackencemente.

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand	Maschinell lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
12	—	2,64	8,85	1,02	0,97	1,63
13	—	2,65	8,45	1,05	0,97	1,67
14	—	2,63	8,69	1,05	0,96	1,62
15	—	2,64	8,91	1,06	0,96	1,62
16	—	2,65	8,47	1,04	0,97	1,61
17	—	2,65	7,87	1,08	0,99	1,63
18	—	2,66	9,20	1,09	1,00	1,62
19	—	2,66	8,11	1,10	0,98	1,63
Jahrgang 1889.						
20	—	2,64	6,97	0,81	0,81	1,45
21	—	2,77	3,62	1,04	0,97	1,59
22	—	2,77	6,74	1,03	0,99	1,53
23	—	2,84	5,14	1,04	1,04	1,65
24	4	2,83	5,16	1,07	1,05	1,63
25	—	2,66	8,26	1,00	0,94	1,58
26	—	2,83	5,03	1,12	1,06	1,67
27	—	2,62	9,80	0,90	0,73	1,29
28	—	2,66	10,08	0,81	0,72	1,26
29	—	2,61	11,02	0,78	0,69	1,16
30	—	2,65	8,13	1,05	1,03	1,65
31	—	2,83	5,34	1,11	0,99	1,61
Jahrgang 1890.						
32	—	2,64	7,17	1,04	0,97	1,60
33	—	2,65	8,80	1,04	0,94	1,59
34	—	2,64	7,77	1,04	0,91	1,61
35	—	2,65	9,62	1,04	0,93	1,53
36	—	2,64	8,45	0,94	0,85	1,13
37	5	2,92	4,97	1,29	1,04	1,80
Durchschnitt		2,70	7,73	1,01	0,94	1,55
38	—	2,69	10,89	0,89	0,78	1,29
39	—	2,63	8,68	1,06	0,94	1,58
40	—	2,81	6,98	0,97	0,87	1,48
Jahrgang 1891.						
41	6	2,73	8,33	1,04	0,99	1,56
42	—	2,91	4,73	1,10	0,93	1,53
43	—	2,61	8,72	1,06	1,01	1,62
44	—	2,65	7,15	0,99	0,93	1,53
45	—	2,64	7,52	1,01	0,96	1,58
46	—	2,77	5,16	1,04	1,00	1,56
47	—	2,73	8,61	1,03	0,97	1,62
48	—	2,66	7,97	1,05	0,97	1,59
49	—	2,64	8,17	0,97	0,92	1,63
50	—	2,61	8,35	0,94	0,91	1,54
51	—	2,61	6,73	1,09	0,98	1,68
Jahrgang 1892.						
52	—	2,61	6,63	1,03	0,96	1,63
53	—	2,67	5,36	0,82	0,72	1,27
54	—	2,66	6,22	0,93	0,79	1,36
55	—	2,70	7,32	1,37	0,85	1,61
56	—	2,65	8,62	1,04	0,96	1,54
57	—	2,90	3,86	1,03	0,92	1,51
58	—	2,67	7,35	1,06	0,93	1,61
59	—	2,63	8,54	1,06	0,85	1,53
60	—	2,76	5,12	1,08	0,89	1,52
61	—	2,65	7,64	1,03	0,90	1,60
62	—	2,58	7,60	0,87	0,77	1,31
Durchschnitt		2,61	7,29	1,02	0,91	1,53

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt	Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Schlackencemente.											
Jahrgang 1893.											
63	9	2,71	8,32	0,88	0,82	1,37	66	14	2,67	7,86	1,23	0,93	1,53
64	10	2,65	7,82	1,10	0,95	1,58	**67**	—	2,78	4,16	1,10	0,94	1,58
65	12	2,68	9,41	0,91	0,80	1,36	**68**	—	2,64	7,85	0,96	0,79	1,31
Durchschnitt		2,68	8,52	0,96	0,86	1,44	Durchschnitt		2,69	6,62	1,10	0,89	1,47
Portlandcemente.											
Jahrgang 1886.							**Jahrgang 1887.**						
1	—	3,11	1,90	1,28	—	2,43	23	—	3,05	3,60	1,33	1,36	2,01
2	—	2,93	6,27	1,08	—	1,78	24	—	3,04	4,60	1,16	1,15	1,81
3	33	3,05	3,07	1,23	—	1,89	**25**	—	3,09	1,80	1,30	1,33	1,96
4	—	3,10	3,62	1,22	—	1,85	**26**	—	3,06	3,88	1,27	1,24	1,88
5	—	3,06	3,62	1,29	—	1,89	27	—	3,11	1,79	1,30	1,28	1,97
6	—	3,11	2,88	1,25	—	1,98	**28**	—	3,12	1,80	1,28	1,29	1,98
7	—	3,01	4,37	1,29	—	1,94	**29**	—	3,10	2,19	1,31	1,33	1,99
8	—	3,07	2,92	1,26	—	1,97	30	—	3,10	3,21	1,36	1,37	2,11
9	—	3,12	2,83	1,26	—	1,92	31	—	3,02	4,03	1,29	1,36	2,04
10	—	3,05	4,30	1,17	—	1,80	32	—	3,07	2,55	1,29	1,31	2,00
11	—	3.09	2,96	1,31	—	2,03	33	—	3,13	3,11	1,24	1,25	1,96
12	—	3,10	2,87	1,25	—	2,00	34	—	3,05	3,07	1,23	1,88	1,82
13	—	3,11	2,51	1,25	1,25	2,00	35	—	2,98	4,53	1,21	1,18	1,84
14	—	3,10	2,49	1,26	1,24	1,97	36	—	3,06	2,55	1,29	1,26	2,01
15	—	3,10	2,85	—	—	—	37	—	3,11	1,24	1,41	1,21	2,10
16	—	3,09	2,75	1,21	1,18	1,90	38	—	3,09	1,34	1,30	1,25	2,07
17	—	3,05	4,08	1,17	1,14	1,77	39	—	3,00	6,09	1,12	1,10	1,77
18	35	3,05	6,89	1,14	1,15	1,73	40	—	3,04	2,45	1,31	1,29	2,09
19	36	3,03	6,27	1,04	1,02	1,59	**41**	—	3,09	2,97	1,23	1,18	1,93
20	—	3,09	1,42	1,31	1,32	2,01	**Jahrgang 1888.**						
21	—	3,10	2,18	1,28	1,25	1,92	42	—	3,11	2,65	1,37	1,37	2,10
22	—	3,04	2,80	1,31	1,34	1,99	43	—	3,12	0,85	1,37	1,37	2,11
Durchschnitt		3,07	3,45	1,23	1,21	1,92	Durchschnitt		3,07	2,87	1,28	1,30	1,98

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v.Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt	Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v.Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Portlandcemente.											
44	—	3,09	2,72	1,23	2,02	1,21	75	—	3,04	3,97	1,34	1,31	2,01
45	—	3,09	2,98	1,32	1,28	2,07	76	—	3,07	2,54	1,28	1,23	2,00
46	—	3,02	4,76	1,37	1,36	2,07	77	—	2,96	7,47	1,25	1,16	1,74
47	—	3,08	3,14	1,37	1,33	2,11	78	—	3,07	3,36	1,31	1,31	2,14
48	—	3,07	1,97	1,24	1,22	1,98							
49	—	3,02	3,90	1,24	1,23	1,94	**Jahrgang 1889.**						
50	—	3,00	5,41	1,24	1,19	2,35	79	—	3,07	2,69	1,55	1,38	2,18
51	—	3,11	2,42	1,40	1,33	2,09	80	—	3,07	2,79	1,32	1,23	2,02
52	—	3,08	3,15	1,33	1,31	2,09	81	—	3,04	3,69	1,36	1,02	2,31
53	—	3,09	2,97	1,31	1,30	2,01	82	—	3,02	3,39	1,25	1,16	1,83
54	—	3,02	4,06	1,33	1,30	2,01	83	—	2,99	5,73	1,23	1,09	1,78
55	—	—	—	1,22	1,14	1,88	84	—	3,06	3,76	1,28	1,22	1,90
56	—	3,06	3,09	1,32	1,25	2,07	85	—	3,04	3,16	1,29	1,27	1,96
57	—	3,08	3,11	1,23	1,22	1,96	86	—	3,09	2,10	1,28	1,25	2,10
58	—	3,07	3,43	1,22	1,19	1,96	**87**	—	3,07	2,85	1,27	1,25	1,91
59	—	3,03	3,70	1,31	1,18	1,95	88	—	3,11	2,04	1,43	1,38	2,12
60	—	3,09	1,95	1,25	1,16	1,77	89	—	3,11	3,13	1,28	1,23	1,93
61	—	3,09	3,02	1,29	1,26	1,96	**90**	—	3,05	3,70	1,27	1,24	1,89
62	—	—	—	1,26	1,11	1,94	91	—	3,09	3,33	1,36	1,31	2,01
63	—	3,06	3,71	1,23	1,23	1,92	92	—	3,05	3,47	1,32	1,23	1,91
64	—	3,02	4,21	1,28	1,17	1,85	93	—	3,07	2,81	1,25	1,20	1,88
65	—	3,08	3,29	1,32	1,29	2,01	94	—	3,08	2,33	1,36	1,34	2,05
66	—	3,10	2,63	1,24	1,22	1,97	95	40	3,04	6,06	1,34	1,29	1,99
67	—	3,07	4,18	1,23	1,16	1,88	96	—	3,08	2,77	1,15	1,05	1,69
68	—	3,05	3,41	1,26	1,24	1,99	**97**	—	3,13	1,99	1,34	1,32	2,01
69	—	3,03	3,23	1,22	1,18	1,94	98	—	3,02	3,62	1,32	1,29	1,98
70	—	3,06	3,41	1,33	1,24	2,02	99	—	3,02	3,82	1,30	1,27	1,95
71	—	3,05	3,25	1,35	1,32	—	100	—	3,06	2,23	1,36	1,35	2,05
72	—	3,04	3,15	1,31	1,24	1,96	101	37	3,05	3,94	1,33	1,25	1,94
73	—	3,09	3,02	1,27	1,26	1,86	102	—	3,05	3,68	1,27	1,32	1,96
74	—	3,07	3,19	1,26	1,18	1,95	**103**	—	3,05	2,96	1,26	1,21	1,89
Durchschnitt		3,07	3,33	1,28	1,26	1,96	Durchschnitt		3,06	3,43	1,31	1,25	1,97

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Portlandcemente.					
104	—	3,12	1,48	1,26	1,25	2,01
105	—	3,06	3,19	1,27	1,25	2,00
106	—	3,07	3,05	1,28	1,26	1,96
107	—	3,07	2,99	1,34	1,26	2,02
108	—	3,03	4,08	1,32	1,23	1,97
109	—	3,08	2,63	1,24	1,15	1,83
110	—	2,90	7,97	1,09	1,03	1,64
111	—	4,05	4,75	1,22	1,15	1,83
112	—	2,99	4,52	1,29	1,24	1,91
Jahrgang 1890.					
113	—	3,08	3,88	1,16	1,08	1,81
114	—	3,02	3,86	1,28	1,14	1,83
115	—	3,01	5,59	1,25	1,19	1,86
116	—	3,06	2,67	1,45	1,27	2.46
117	—	3,02	3,76	1,23	1,17	1,83
118	—	3,01	4,26	1,08	1,08	1,80
119	—	3,04	3,08	1,29	1,19	1,76
120	—	3,07	2,93	1,36	1,36	2,35
121	42	3,12	3,03	1,35	1,30	1,94
122	—	3,04	3,74	1,28	1,19	1,92
123	—	3,10	2,26	1,33	1,28	2,02
124	—	3,12	2,12	1,37	1,27	1,93
125	—	3,06	2,74	1,39	1,27	2,00
126	—	3,08	2,56	1,25	1,21	1,89
127	—	2,95	6,70	1,30	1,27	1,97
128	—	3,08	3,17	1,13	1,02	1,68
129	—	3,04	2,85	1,15	1,10	1,86
130	—	3,03	3,54	1,29	1,25	2,36
131	—	3,03	7,30	1,17	1,12	1,80
132	—	3,08	3,91	1,33	1,33	1,90
Durchschnitt		3,08	3,74	1,27	1,20	1,94

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
133	—	3,04	3,07	1,19	1,16	1,87
134	—	3,08	2,18	1,28	1,27	1,99
135	—	3,02	4,00	1,24	1,17	1,87
136	—	3,09	—	1,20	1,03	1,66
137	—	3,09	3,09	1,37	1,15	1,84
138	—	3,11	3,12	1,46	1,43	2,20
139	—	3,11	2,88	1,43	1,36	2,10
140	—	3,02	4,73	1,18	1,11	1,76
141	—	3,12	1,43	1,29	1,17	1,92
142	—	3,02	5,23	1,29	1,24	1,97
143	—	3,00	3,31	1,26	1,25	1,92
144	—	?	2,56	1,22	1,19	1,84
145	—	3,05	2,41	1,20	1,18	1,88
146	—	3,02	3,70	1,26	1,23	1,93
147	—	3,02	4.43	1,25	1,18	1,91
148	—	3,05	2,65	1,30	1,29	2,03
149	—	3,03	3,01	1,28	1,28	1,91
Jahrgang 1891.					
150	—	3,08	3,14	1,27	1,25	1,96
151	—	3,08	3,09	0,97	0,94	1,57
152	—	3,12	1,51	1,10	1,08	1,75
153	—	3,15	1,44	1,40	1,36	2,11
154	—	3,14	2,20	1,37	1,15	2,11
155	—	3,07	2,76	1,25	1,17	1,88
156	—	3,09	1,99	1,54	1,52	2,21
157	—	2,97	5,84	1,88	1,13	1,74
158	—	3,06	2,67	1,21	1,18	1,86
159	—	3,05	2,72	1,35	1,24	1,99
160	57	3,12	2,13	1,38	1,31	2,40
161	—	3,07	2,41	1,36	1,21	1,94
Durchschnitt		3,07	2,99	1,30	1,21	1,94

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Portlandcemente.						
162	—	3,02	2,25	1,26	1,19	1,87
163	—	2,90	6,70	1,04	0,96	1,66
164	—	3,12	2,61	1,22	1,17	1,86
165	—	3,10	3,42	1,18	1,07	1,70
166	—	3,14	2,53	1,53	1,49	2,18
167	—	3,09	2,94	1,42	1,35	2,05
168	—	3,13	2,31	1,34	1,20	1,92
169	—	3,03	3,63	1,26	1,21	1,86
170	—	3,10	1,82	1,51	1,49	2,20
171	—	3,08	3,05	1,35	1,22	2,01
172	—	3,10	2,14	1,25	1,23	1,88
173	—	3,11	3,22	1,30	1,22	1,97
174	—	3,05	3,60	1,13	1,12	1,77
175	—	2,99	4,85	1,14	1,10	1,71
176	—	3,08	3,88	1,61	1,51	2,14
177	—	3,12	2,61	1,38	1,25	1,93
178	—	3,06	3,66	1,34	1,18	1,78
179	59	3,06	3,34	1,21	1,15	1,77
180	—	2,96	5,62	1,14	1,08	1,66
181	—	2,99	4,47	1,19	1,17	1,75
182	—	3,03	3,74	1,30	1,23	1,88
183	—	3,04	3,77	1,34	1,27	1,96
184	—	3,03	4,53	1,01	0,99	1,90
185	—	3,05	2,99	1,29	1,20	1,86
186	—	3,08	3,00	1,30	1,22	1,88
187	—	3,10	1,92	1,29	1,25	2,04
188	—	3,07	3,14	1,21	1,18	1,95
189	—	3,06	4,12	1,11	1,01	1,82
190	—	3,11	2,44	1,32	1,26	2,03
191	—	3,11	2,18	1,16	1,11	1,90
192	—	3,10	2,85	1,26	1,19	1,84
Durchschnitt		3,06	3,33	1,27	1,20	1,89
193	—	3,10	1,93	1,34	1,20	2,02
194	—	3,07	2,05	1,26	1,18	1,90
195	—	3,03	2,78	1,25	1,14	1,86
196	—	3,05	2,74	1,22	1,11	1,76
197	—	2,88	8,03	1,11	0,99	1,62
198	—	3,01	4,46	1,35	1,11	2,14
199	—	2,95	5,01	1,31	1,07	1,54
200	—	3,02	3,40	1,21	1,18	1,78
201	—	3,01	4,13	1,09	1,05	1,64
202	—	3,02	2,15	1,21	1,07	1,74
203	—	3,03	2,92	1,36	1,25	1,77
204	—	2,92	6,05	1,11	1,04	1,69
205	—	3,07	2,14	1,21	1,12	1,79
206	—	3,05	2,98	1,07	1,01	1,57
207	—	2,95	4,84	1,27	1,07	1,68
208	—	2,99	2,05	1,18	1,11	1,82
209	—	3,05	2,40	1,25	1,15	1,88
210	—	2,93	4,96	1,08	1,02	1,90
211	—	2,99	2,05	1,34	1,18	1,91
212	—	2,97	3,46	1,19	1,14	1,85
213	—	3,02	2,46	1,31	1,23	1,67
214	—	3,03	2,53	1,21	1,21	1,89
215	—	2,93	5,66	1,11	1,03	1,66
216	—	2,93	5,33	1,21	1,14	1,62
217	—	2,96	5,37	1,08	1,05	1,67
218	—	3,07	2,18	1,32	1,20	1,96
219	—	3,09	1,33	1,24	1,14	1,86
Jahrgang 1892.						
220	—	3,09	2,22	1,34	1,28	2,01
221	60	3,11	1,77	1,38	1,13	2,02
Durchschnitt		3,01	3,43	1,23	1,12	1,80

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt	Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Portlandcemente.											
222	61	3,11	0,88	1,34	1,24 2,00	253	—	3,14	1,11	1,29	1,20 1,93
223	—	3,02	3,00	1,25	1,12 1,81	254	—	—	—	1,28	1,19 1,90
224	—	3,12	1,64	1,24	1,13 1,81	255	—	3,00	4,42	1,24	1,15 1,85
225	—	2,97	4,10	1,22	1,13 1,81	**256**	—	3,07	1,65	1,26	1,23 1,90
226	—	3,09	1,44	1,35	1,30 2,09	**257**	—	3,13	1,11	1,21	1,14 1,86
227	—	3,09	1,85	1,20	1,12 1,79	258	—	3,10	1,27	1,35	1,18 1,99
228	—	3,11	1,43	1,27	1,14 1,19	259	—	3,07	1,73	1,28	1,20 1,92
229	—	3,04	2,41	1,22	1,13 1,84	**260**	—	3,01	3,65	1,25	1,12 1,82
230	—	3,05	2,26	1,29	1,14 1,91	**261**	—	3,12	0,61	1,28	1,21 1,92
231	—	3,06	1,40	1,27	1,13 1,87	**262**	—	2,92	6,48	0,97	0,87 1,51
232	—	3,08	1,38	1,33	1,22 1,96	**263**	—	3,11	1,49	1,22	1,14 1,89
233	—	3,05	2,28	1,31	1,17 1,90	264	—	3,07	1,41	1,41	1,36 2,06
234	64	3,09	1,27	1,30	1,21 1,96	265	—	3,12	1,24	1,23	1,10 1,90
235	—	3,05	2,43	1,34	1,23 1,86	266	65	3,08	2,64	1,34	1,26 1,98
236	—	3,07	1,11	1,34	1,22 1,87	267	—	3,08	2,13	1,28	1,19 1,18
237	—	3,14	0,96	1,26	1,33 1,93	268	—	3,05	2,23	1,28	1,15 1,84
238	—	3,15	0,41	1,27	1,18 1,16	269	—	3,13	1,77	1,33	1,25 1,98
239	—	3,07	1,42	1,30	1,23 1,99	270	—	2,97	5,27	1,24	1,01 1,81
240	—	3,01	3,40	1,21	1,18 1,78	271	—	3,08	2,40	1,31	1,28 1,99
241	—	3,10	1,16	1,43	1,32 2,09	272	—	3,09	2,26	1,34	1,23 1,97
242	—	3,11	0,90	1,30	1,14 1,95	273	—	3,13	0,46	1,31	1,24 1,95
243	—	2,99	5,86	1,09	1,08 1,64	274	67	3,07	2,43	1,33	1,23 1,92
244	—	3,10	1,62	1,24	1,22 1,95	**275**	—	3,12	0,99	1,30	1,20 2,00
245	—	3,09	1,67	1,24	1,15 1,90	**276**	—	3,16	1,34	1,17	1,13 1,80
246	—	3,15	0,94	1,40	1,17 1,96	277	—	3,04	2,74	1,29	1,21 1,93
247	—	3,15	0,75	1,33	1,21 1,99	278	—	2,95	1,50	1,25	1,18 1,87
248	—	3,11	0,88	1,29	1,17 1,76	279	—	3,11	1,04	1,32	1,26 1,99
249	—	3,10	1,25	1,29	1,20 1,94	280	—	3,01	4,15	1,31	1,20 1,94
250	—	3,10	1,64	1,22	1,19 1,99	281	71	3,05	1,14	1,29	1,15 1,91
251	—	3,08	1,32	1,32	1,24 1,97	**282**	—	3,08	0,88	1,27	1,17 1,85
252	—	3,07	3,19	1,21	1,07 1,82	**283**	—	3,08	1,11	1,37	1,21 1,98
Durchschnitt		3,08	1,81	1,28	1,18 1,85	Durchschnitt		3,07	2,09	1,28	1,18 1,88

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
Portlandcemente.					
284	—	3,01	1,58	1,32	1,20	1,90
285	68	3,06	1,01	1,24	1,18	1,87
286	—	3,14	0,71	1,27	1,19	1,80
287	—	3,06	1,69	1,49	1,20	1,83
288	—	3,06	0,94	1,26	1,10	1,81
289	—	3,05	2,07	1,31	1,21	1,92
290	—	3,04	1,39	1,30	1,18	1,89
291	—	3,11	0,84	1,27	1,15	1,88
292	—	3,07	1,83	1,38	1,30	1,96
293	—	3,12	0,65	1,24	1,16	1,88
294	—	3,11	0,90	1,21	1,17	1,93
295	66	3,05	2,48	1,29	1,26	1,98
296	—	3,11	1,38	1,42	1,24	1,98
297	—	3,14	1,13	1,37	1,35	2,05
298	—	3,10	1,66	1,29	1,27	2,03
Jahrgang 1893.						
299	—	3,12	1,31	1,30	1,28	1,95
300	—	3,05	1,69	1,27	1,16	1,89
301	—	3,11	1,92	1,35	1,19	2,01
302	—	3,10	1,80	1,32	1,26	2,04
303	—	3,11	2,11	1,40	1,30	1,99
304	73	3,10	1,22	1,35	1,24	1,92
305	75	3,01	5,02	1,23	1,11	1,77
306	—	3,09	0,81	1,38	1,21	1,88
307	76	3,04	2,84	1,33	1,20	1,87
308	—	3,02	4,12	1,34	0,93	1,88
309	77	3,10	1,38	1,31	1,17	1,88
310	—	3,12	0,96	1,39	1,30	1,97
311	—	3,15	2,24	1,42	1,20	1,89
312	—	3,10	1,29	1,44	1,21	1,98
Durchschnitt		3,08	2,03	1,33	1,20	1,92

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Spezif. Gewicht	Glühverlust in %	Volumengewichte kg. pro Liter v. Hand lose eingefüllt	Maschinell eingerüttelt
313	—	3,08	1,38	1,44	1,34	2,08
314	—	3,11	1,99	1,31	1,27	1,92
315	—	3,12	1,28	1,17	1,13	1,77
316	79	2,97	4,19	1,26	1,14	1,85
317	—	3,10	1,73	1,20	1,18	2,19
318	—	3,11	1,63	1,40	1,30	1,96
319	—	3,04	2,55	1,29	1,16	1,83
320	—	3,13	1,96	1,50	1,32	2,06
321	—	3,14	0,75	1,28	1,14	1,80
322	—	3,08	1,25	1,27	1,24	1,86
323	—	3,09	2,35	1,32	1,16	1,81
324	—	3,11	2,14	1,28	1,16	1,84
325	—	3,06	1,94	1,38	1,25	1,93
326	—	3,06	3,31	1,45	1,23	1,98
327	—	3,09	1,35	1,35	1,21	1,93
328	—	3,09	2,87	1,41	1,23	1,97
329	—	3,10	2,24	1,41	1,12	2,00
330	—	3,06	1,67	1,33	1,19	1,88
331	—	3,10	1,59	1,27	1,19	1,86
332	—	3,15	0,54	1,23	1,08	1,68
333	—	3,09	1,66	1,33	1,15	1,91
334	—	3,08	1,73	1,49	1,18	1,89
335	—	3,07	3,27	1,39	1,22	1,92
336	—	3,13	1,25	1,33	1,21	1,89
337	—	3,05	2,00	1,28	1,13	1,79
338	—	3,08	1,26	1,33	1,17	1,84
339	—	3,08	2,26	1,39	1,18	1,96
340	—	3,00	3,71	1,18	1,14	1,80
341	—	3,07	1,23	1,35	1,20	1,92
342	—	2,85	1,95	1,10	1,01	1,71
343	82	3,05	2,06	1,32	1,14	1,86
Durchschnitt		3,08	1,97	1,32	1,19	1,89

4. Resultate der Untersuchungen der Volumenbeständigkeitsverhältnisse hydraul. Bindemittel.

a. Resultate der Volumenbeständigkeitsproben mit hydraul. Kalken.

Das beschleunigte Prüfungsverfahren auf Volumenbeständigkeit hydraul. Kalke hat verschiedene Phasen durchgemacht. Bis zum Jahre 1892 wurden die Kalke den Cementen ähnlich behandelt, inzwischen auch schon den 50- und 75°-igen Dampf- und Warmwasserproben mit allerdings zunächst 36- später 24-stündiger Expositionsdauer ausgesetzt. Seit Dezember 1889 wurde das Verhalten der unter der Sintergrenze erbrannten Bindemittel, mithin auch jenes der hydraul. Kalke in den Dampf- und Warmwasserbadproben verfolgt, deren Dauer ab Anfang 1892 auf 6 Stunden abgemindert wurde, als die Erfahrung vorlag, dass diese Zeit zur Kennzeichnung zweifelhafter Kalke ausreicht und für normale Kalke mit grosser Bindezeit und geringer Anfangsenergie unschädlich sei. Im April 1893 wurden für den hydraul. Kalk speziell die 75°-igen Proben endgültig aufgegeben und nunmehr die 50°-igen weitergeführt.

Mit Rücksicht auf die gänzliche Unmöglichkeit, im Rahmen vorliegender Publikation die sämtlichen an hydraul. Kalken in letzten Jahren ausgeführten Volumenbeständigkeitsproben zu unterbringen, haben wir beschlossen in nachstehenden tabellarischen Zusammenstellungen uns auf 2 verschiedene Phasen der Entwicklung des Kalkprüfungsverfahrens zu beschränken.

Wir geben daher in einer **„1. Serie“** die Zusammenstellung des Beobachtungsmaterials aus den Jahren 1886 bis und mit 1889, in welchem Zeitraume man die Kalke den Cementen ähnlich behandelt hatte; ferner in einer **„2. Serie“** dasjenige aus den Jahren 1892 und 1893, während welcher die Kalke ausschliesslich den Dampf- und Warmwasserproben bei abgeminderten Temperaturen und reduzierter Expositionsdauer unterworfen wurden.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs. Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
				1. Serie.								
1	1886	IV	30	2,69	15,5	11,8	16	30	10,6	—	fehlt	bestanden
2	„	V	5	2,94	6,1	18,5	22	–	5,9	—	bestanden	„
3	„	VI	18	2,68	13,0	9,0	c. 3 Tag		9,1	66,5	„	rissig
4	„	VII	7	2,93	7,3	16,4	5	–	11,0	51,5	„	bestanden
5	„	„	7	2,76	13,6	14,6	c. 30	–	7,6	—	„	„
6	„	IX	25	2,71	14,4	10,0	15	–	12,3	56,3	„	„
7	„	XII	21	2,60	13,7	23,5	c. 4½ T.		2,5	—	„	„
8	1887	II	16	2,83	13,4	18,0	c. 3 T.		6,9	45,0	„	„
9	„	III	31	2,88	8,1	27,0	c. 24	–	6,0	—	„	Spur von Kantenrissen
10	„	„	31	2,88	7,7	17,3	c. 28	–	6,0	—	„	bestanden
11	„	„	31	2,93	3,2	21,5	c. 2 T.		6,1	—	„	Spur von Kantenrissen
12	„	„	31	2,59	13,5	21,0	c. 2 T.		6,8	—	„	bestanden
13	„	IV	9	2,73	14,9	15,6	c. 30	–	7,0	76,0	„	geworfen, kantenrissig
14	„	„	15	—	—	—	—		—	—	„	—
15	„	„	17	—	—	—	—		—	—	„	—
16	„	„	20	—	—	—	—		13,4	110,7	„	—
17	„	„	28	2,79	12,5	17,0	c. 5 T.		12,5	79,6	„	bestanden
18	„	V	23	2,83	9,0	13,6	c. 28	–	5,1	—	„	geworfen
19	„	„	28	2,87	8,1	20,4	c. 2½ T.		3,6	—	„	geworfen, kantenrissig
20	„	VI	6	—	—	19,6	20	–	10,9	74,0	„	bestanden
21	„	VII	29	—	—	17,5	c. 33	–	10,5	60,0	„	„
22	„	VIII	4	2,73	14,4	12,0	c. 2½ T.		6,8	43,4	„	„
23	„	X	1	2,72	13,0	12,3	c. 2 T.		9,1	66,4	„	„
24	„	„	17	2,70	15,1	15,0	c. 2 T.		8,7	58,8	zeigt eine Ablös. wegen Kalkkorn	„
25	„	„	18	2,82	9,0	7,8	3	–	16,0	89,4	„	„
26	„	XI	21	2,96	9,9	4,3	c. 38	–	6,4	—	„	„
27	1888	II	22	2,94	8,9	4,0	10	–	11,8	78,0	„	„
28	„	„	25	2,68	15,6	17,3	26	–	7,9	47,1	„	rissig, geworfen
29	„	„	25	2,68	17,0	15,0	c. 32½		8,8	52,8	„	„
30	„	III	19	2,66	15,2	10,3	c. 1 T.		12,3	76,6	„	—
31	„	IV	5	2,73	8,9	18,5	c. 4 T.		4,6	20,8	„	bestanden
32	„	VII	12	2,68	14,2	11,6	24	–	10,8	77,9	„	„
33	„	„	25	2,69	17,5	32,0	c. 30	–	7,5	34,0	„	„
34	„	VIII	11	2,77	9,9	19,8	c. 49	–	7,3	37,5	„	mürbe, rissig

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe, Luftlagerung	Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
		1. Serie.	
bestanden	bestanden	bestanden	Schwach convex geworfen, sonst tadellos.
„	„	„	„ „ „ „ „
rissig	zerfallen	„	„ „ „ „ „
bestanden	„	„	„ „ „ „ „
„	„	„	„ „ „ „ „
„	bestanden	„	„ „ „ „ „
„	„	fehlt	
„	„	„	
„	zerfallen	bestanden	
„	bestanden	local zerstört	Durch ein treibendes Mergelkorn.
„	„	bestanden	
„	zerfallen	local zerstört	Durch einen treibenden Mergelknollen.
„	rissig, mürbe, teilweise zerfallen	zweifelhaft	Zeigt Warzenbildungen und Abblätterungen.
—	—	—	
—	—	bestanden	Zeigt Spuren von Warzenbildungen.
—	—	„	
bestanden	zerfallen	„	
fein netzrissig	„	„	Spuren von Warzenbildungen.
„	„	fast bestanden	Schwach geworfen.
bestanden	bestanden	„	
„	„	„	
„	rissig	„	
„	zerfallen	„	
fein netzrissig	„	bestanden	
bestanden	bestanden	„	Spuren von Warzenbildungen.
„	zerfallen	„	Schwach geworfen, sonst tadellos.
„	fein netzrissig	„	„ „ „ „
rissig	rissig, mürbe	„	„ „ „ „
„	„	„	
—	—	local defekt	Zeigt mehrere kleinere Ablösungen wegen treibender Kalkkörner.
bestanden	zerfallen	bestanden	Zeigt einige kleine Warzen.
„	bestanden	„	„ „ „ „
„	„	„	
anrissig	zerfallen	„	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
35	1888	VIII	11	2,78	11,9	19,2	c. 30	–	10,6	53,8	bestanden	zeigt Ausblühungen
36	„	„	18	2,66	13,0	13,0	c. 49	–	6,3	38,9	„	bestanden
37	„	„	29	2,77	11,8	23,6	c. 48	–	8,6	36,6	„	„
38	„	IX	11	2,55	19,7	5,5	c. 12	T.	7,8	38,5	„	leicht geworfen
39	„	X	10	2,79	9,0	19,6	21	–	6,8	28,6	„	geworfen, rissig
40	„	XII	18	2,87	8,9	7,0	c. 5	T.	5,5	34,5	„	—
41*	„	„	18	2,39	22,5	8,5	„		5,1	25,1	„	—
42*	„	„	18	2,42	21,9	7,8	„		4,7	26,4	„	—
43*	„	„	18	2,37	23,8	8,5	„		7,1	24,1	„	—
44*	„	„	18	2,40	22,6	7,0	„		6,3	26,6	„	—
45*	„	„	18	2,41	20,7	8,2	„		8,0	27,1	„	—
46*	„	„	18	2,40	22,1	7,5	„		7,5	27,9	„	—
47	1889	I	30	2,97	3,9	24,0	3	–	3,2	14,0	„	bestanden
48	„	II	18	2,70	11,0	13,5	c. 24	–	5,2	27,6	„	—
49	„	„	28	2,77	10,3	11,4	c. 33	–	6,6	49,4	„	geworfen, rissig
50	„	„	28	2,74	11,3	13,1	c. 33	–	7,2	48,3	„	bestanden
51	„	III	28	2,55	17,9	4,6	c. 36	–	8,2	64,5	„	mürbe, kohäsionslos
52	„	IV	6	2,71	10,5	6,2	c. 35	–	4,5	27,1	„	kantenrissig
53	„	„	13	2,73	13,2	16,4	c. 40	–	7,5	36,8	„	—
54	„	„	25	2,35	21,2	—	c. 12	T.	9,0†	34,5†	„	—
55	„	V	4	2,80	8,8	12,0	c. 3¼	T.	11,5	41,1	„	bestanden
56	„	„	6	2,60	14,9	10,8	c. 5	T.	6,8	37,8	„	„
57	„	„	6	2,69	12,1	8,5	c. 3	T.	8,3	53,6	„	Spuren von Kantenrissen
58	„	„	6	2,66	14,0	10,0	„		8,3	46,6	„	bestanden
59	„	„	8	2,74	10,9	16,0	c. 38	–	7,5	45,4	„	geworfen, rissig
60	„	„	9	2,69	13,1	20,0	c. 43	–	9,0	54,9	„	bestanden
61	„	„	13	2,64	14,0	8,0	c. 40	–	10,0	52,5	zeigt Warzenbildg.	teilweise rissig
62	„	„	13	2,75	11,7	14,0	c. 24	–	8,2	46,2	bestanden	„
63	„	„	13	2,79	10,5	16,6	19	–	8,8	45,0	„	„
64	„	„	13	2,74	11,7	10,0	c. 33	–	7,5	53,0	„	mürbe, rissig
65	„	„	13	2,72	13,3	17,0	c. 24	–	8,7	45,3	„	teilweise rissig
66	„	„	13	2,81	8,7	20,0	c. 24	–	—	—	**nicht bestanden**	**mürbe, zerfällt**
67	„	„	14	2,73	11,7	18,0	c. 40	–	7,5	45,6	bestanden	bestanden
68	„	„	14	2,70	12,7	17,0	c. 27	–	8,1	42,1	„	„
69	„	„	14	2,77	10,8	15,2	c. 26	–	7,5	37,5	„	„
70	„	„	14	2,67	14,7	14,6	c. 36	–	7,7	52,0	„	„

* In Stückform eingeliefert; in der Anstalt trocken gelöscht und ca. 3 Wochen gelagert. – † Nach 12 tägiger

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
bestanden	zerfallen	bestanden	Zeigt einige kleine Warzen.
fein anrissig	„	„	
bestanden	fast bestanden	„	
„	zerfallen	„	Schwach convex geworfen, sonst tadellos.
fein anrissig	„	„	
—	—	„	
—	—	„	
—	—	„	
—	—	„	
—	—	„	
—	—	„	
—	—	„	
rissig	zerfallen	„	Spuren von Warzen und Ausblühungen.
—	—	lokal zerstört	Auf jeder Platte 1 grosse Ablösg. wegen eines Mergelkorns; Kuchen schwach convex.
fein anrissig	zerfallen	bestanden	Spuren von Warzen und Ausblühungen.
„	„	„	„ „ „ „ „
fast bestanden	„	„	„ „ „ „ „
rissig	„	„	
—	—	„	
—	—	„	Schwach convex geworfen.
bestanden	bestanden	„	
stark rissig	zerfallen	„	
„	„	„	
fein anrissig	„	„	
„	„	„	Spuren von Warzenbildungen u. Ausblühung.
bestanden	bestanden	„	„ „ „ „ „
fein anrissig	zerfallen	„	
bestanden	stark rissig	„	
„	rissig, teilweise zerfallen	„	
rissig	zerfallen	„	
bestanden	„	„	Ein Kuchen schwach geworfen.
stark rissig	„	**zweifelhaft ††**	Bedeckt mit zahlreichen Warzenbildungen und Ausblühungen.
Schwindriss (?)	„	lokal defekt	Durch einen kleinen Mergelknollen.
rissig	„	bestanden	
fein anrissig	„	„	
„	„	„	

Luftlagerung ins Wasser gelegt. — †† Material besitzt Mergelknolleneinschlüsse.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St. M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
71	1889	V	14	2,69	13,5	14,0	c.30 –	8,8	49,8	bestanden	bestanden
72	„	„	15	2,80	8,4	14,5	10 –	7,8	42,7	„	„
73	„	„	16	2,69	12,4	12,0	c.35 –	8,8	55,5	„	„
74	„	„	23	2,65	14,5	7,2	c.40 –	8,7	51,4	„	„
75	„	„	27	2,63	12,3	20,6	c.38 –	6,0	22,8	„	„
76	„	„	31	2,71	13,3	12,6	c.30 –	8,1	56,8	„	„
77	„	VI	5	2,70	11,4	10,8	c.43 –	7,0	48,0	eine gr. Ablös. wegen eines Kalkkorns	mürbe, netzrissig
78	„	„	13	2,80	11,8	10,0	c. 4½T.	7,2	41,5	bestanden	bestanden
79	„	„	17	2,73	15,8	23,0	3 15	8,3	43,4	„	„
80	„	„	27	2,91	8,2	8,0	c.28 –	7,9	65,1	„	„
81	„	VII	8	2,71	13,5	17,8	c.24 –	7,6	47,4	„	„
82	„	„	11	2,74	12,6	20,6	c.30 –	7,3	46,3	„	„ **
83	„	„	11	2,74	11,4	14,0	c.30 –	6,7	39,7	„	„ **
84	„	„	16	2,80	9,8	9,0	c.32 –	3,3	—	„	„
85	„	„	20	2,71	12,0	13,8	c.45 –	6,9	43,8	„	„ **
86	„	„	22	2,83	9,9	13,4	c.43 –	9,5	63,3	„	„ **
87	„	„	26	2,74	12,5	14,0	c.48 –	—*	—*	**nicht bestanden**	**geworfen, stark netzrissig**
88	„	„	27	2,78	9,6	21,5	c.42 –	—*	—*	**nicht bestanden**	**mürbe, netzrissig**
89	„	„	31	2,71	10,5	16,6	c. 2½T.	5,0	26,8	bestanden	schwach anrissig
90	„	VIII	1	2,68	12,8	11,0	c.40 –	9,8	73,5	„	kantenrissig, teilweise mürbe
91	„	„	1	2,84	7,4	8,5	c.52 –	3,9	31,9	„	bestanden
92	„	„	2	2,82	10,2	12,6	c.30 –	6,1	49,8	**nicht bestanden**	**mürbe, stark rissig**
93	„	„	7	2,78	10,5	23,5	c.25 –	5,6	30,5	bestanden	fast bestanden
94	„	„	7	2,65	17,9	26,0	c.36 –	6,5	33,3	„	„
95	„	„	13	2,84	8.2	9,8	c.22 –	9,5	71,9	zeigen Warzen u. Ausblühungen	mürbe, netzrissig
96	„	„	14	2,74	16,8	19,4	c.24 –	5,6	41,3		„
97	„	„	17	2,74	13,0	8,0	c.50 –	7,2	65,5	bestanden	„
98	„	„	21	2,76	13,1	11,6	c.40 –	7,0	61,3	wie No. 95 u. 96	geworfen, netzrissig
99	„	„	28	2,70	17,2	15,2	c.55 –	6,9	48,6	bestanden	stark warzig, sonst bestanden
100	„	IX	2	2,64	15,5	8,6	c. 3 T.	8,3	65,3	„	„
101	„	„	11	2,73	13,1	14,6	c. 2¾T.	—*	—*	**nicht bestanden**	**netzrissig,** kohäsionslos
102	„	„	12	2,73	10,4	12,0	c.45 –	6,1	48,0	bestanden[1])	mürbe, stark warzig
103	„	„	12	2,68	16,3	16,2	c. 2½T.	6,0	37,5	„	Proben gespalten
104	„	X	9	2,81	9,6	12,0	c.26 –	7,3	62,6	„ [1])	mürbe, netzrissig
105	„	XI	14	—	—	—	—	—	—	„	bestanden
106	„	„	15	—	—	—	—	—	—	„	kantenrissig
107	„	XII	10	2,69	15,08	12,0	30 –	7,5	51,8	„	bestanden

* Probekörper sind im Wasser innerhalb 7 Tagen rissig geworden — ** Mit mässigen Ausblühungen. — folgenden Proben gleiche Bezeichnung. — [1]) Zeigt einige kleine Ablösungen von Mergelknollen herrührend.

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	
fein anrissig	bestanden	bestanden	
bestanden	stark rissig	„	
fein anrissig	zerfallen	„	
stark anrissig	„	„	
Schwindrisse (?)	teilweise zerfallen	„	
fein anrissig	zerfallen	„	
mürbe, stark rissig	„	„	
bestanden	bestanden	„	
„	„	„	
fein anrissig	mürbe	„	
„	bestanden	„	
anrissig †	„	„	
bestanden	mürbe, rissig	„	
„	zerfallen	„	
anrissig †	bestanden	„	
„ †	rissig	„	
anrissig †	**zerfallen**	**zweifelhaft**	Bedeckt mit zahlreichen Warzen u. Ablösungen.
stark rissig	„	„	Kuchen zeigen zahlreiche Ausblühungen und Warzen.
rissig	„	bestanden	
netzrissig	rissig, mürbe	„	
bestanden	zerfallen	„	
stark rissig	**zerfallen**	**zweifelhaft**	Kuchen zeigen ziemlich zahlreiche Warzen.
fein anrissig ††	fein anrissig	bestanden	
„	zerfallen	„	
„	mürbe, netzrissig	„	Zeigt einzelne Warzen und Ausblühungen.
mürbe, rissig	zerfallen	„	„ „ „ „ „
„	„	„	Spuren von Warzenbildungen.
stark rissig	„	„	Einzelne Warzen und Ausblühungen.
fein anrissig	„	„	
„	„	„	Bis auf eine kleine Ablösung tadellos.
stark rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Rissig; zeigt zahlreiche Warzen und Ausblühungen.
fein anrissig	„	bestanden	Bis auf eine grössere Ablösung durch einen Mergelknollen tadellos.
„	stark rissig	„	Zeigt Spuren von Ausblühungen und Warzen.
„	zerfallen	„	Zeigt Spuren von Warzenbildungen.
bestanden	bestanden	„	
schwach anrissig	zerfallen	„	
stark rissig	„	„	

† An der geglühten Seite anrissig. — †† Fein anrissig auf der geglühten Kugeloberfläche, also bei allen

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe- Normenprobe Wasserlagerung	Warm-Wasser- 50° C.
2. Serie.												
108	1892	I	4	2,63	14,40	16,5	48	–	2,9	41,0	**nicht bestanden*)**	**ziemlich stark rissig**
109	„	„	4	2,77	9,99	21,2	28	–	7,4	38,1	bestanden	bestanden
110	„	„	16	2,76	10,14	6,5	30	–	10,4	63,9	„	„
111	„	II	2	—	—	—	—		—	—	**nicht bestanden**	**stark rissig, mürbe**
112	„	„	2	—	—	—	—		—	—	bestanden	schwach haarrissig, mürbe
113	„	III	24	2,75	10,86	14,4	24	–	7,4	53,8	„	bestanden
114	„	IV	8	2,84	10,18	22,4	72	–	6,4	39,4	„	„
115	„	„	8	2,73	11,07	15,4	48	–	5,2	36,8	„	„
116	„	V	31	2,79	8,57	14,6	30	–	8,0	47,8	„	„
117	„	„	31	2,72	13,22	18,0	72	–	8,4	55,4	„	„
118	„	VI	4	2,74	12,48	18,0	60	–	7,2	50,9	„	„
119	„	„	8	—	—	—	—		—	—	**nicht bestanden**	—
120	„	VII	1	2,62	14,32	18,1	96	–	7,0	47,3	bestanden	bestanden
121	„	„	2	2,62	15,35	17,5	72	–	5,6	38,0	„	„
122	„	„	13	2,62	13,18	12,0	96	–	4,3	32,5	„	„
123	„	„	19	2,74	12,77	16,9	50	–	7,8	55,6	„	„
124	„	„	19	2,74	9,79	11,7	45	–	5,9	39,9	„	„
125	„	„	20	2,67	15,25	10,8	72	–	7,6	54,1	„	„
126	„	„	23	—	—	—	—		—	—	„	„
127	„	„	22	2,63	15,14	15,2	96	–	7,5	51,5	„	„
128	„	„	23	2,76	9,60	12,6	50	–	8,0	50,6	„	„
129	„	VIII	6	2,71	13,57	16,4	60	–	8,1	57,4	„	„
130	„	„	9	2,59	12,61	5,4	120	–	9,3	67,8	„	„
131	„	„	11	—	—	—	—		—	—	**schwach geworfen, kantenrissig**	**schwach anrissig**
132	„	„	13	2,70	9,55	18,6	30	–	7,5	42,9	bestanden	bestanden
133	„	„	18	—	—	—	—		—	—	**schwach geworfen, kantenrissig**	**zweifelhaft**
134	„	„	18	—	—	—	—		—	—	„	„
135	„	„	20	—	—	—	—		—	—	bestanden	bestanden
136	„	„	20	2,75	10,62	5,2	96	–	8,2	53,0	„	„
137	„	„	24	—	—	—	—		—	—	„	„
138	„	„	25	—	—	—	—		—	—	„	„
139	„	„	31	2,71	12,94	4,2	7	–	11,3	87,9	„	„
140	„	IX	2	—	—	—	—		—	—	„	„
141	„	„	3	—	—	—	—		—	—	„	„

*) Probekörper, Wasserlagerung waren innerhalb den ersten 24 Stunden netzrissig geworden!

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben				Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
badprobe	Dampfdarrprobe		Kuchenprobe	
75° C.	50° C.	75° C.	Luftlagerung	
2. Serie.				
stark rissig	**rissig, mürbe**	**stark rissig, mürbe**	**nicht bestanden**	Nach Art der Lufttreiber, stark rissig.
bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	
stark rissig	„	schwach kantenrissig	„	
beginnt z. zerfallen	**stark anrissig, mürbe**	**stark rissig, mürbe**	**zweifelhaft**	Sandet oberflächlich ab. Spuren von Anrissigkeit.
„ „	schwach rissig, mürbe	stark netz- u. kanten-rissig, mürbe	bestanden	
bestanden	bestanden	bestanden	„	Schwindrissig.
„	„	„	„	„
„	„	„	„	
„	„	„	„	
netzrissig	„	schwach kantenrissig	„	
bestanden	„	bestanden	„	Schwach schwindrissig.
—	—	—	**nicht bestanden**	Sämtliche Proben nach 5-tägiger Luftlagerung treibrissig geworden.
bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	„	
stark rissig, mürbe	„	rissig, mürbe	„	Schwindrissig, dumpfer Klang.
Spur. v. Rissen	„	kantenrissig, schwach netzrissig, mürbe	„	
bestanden	„	bestanden	„	
rissig	„	„	„	
stark netzrissig	schwach geworfen Spur. v. Kantenriss.	netz- u. kantenrissig	„	Sandet ab ; Kanten mürbe.
bestanden	Ausblühungen bestanden	bestanden	„	Schwach schwindrissig.
„	„	„	„	Schwindrissig.
„	„	„	„	
„	„	„	„	
netzrissig, mürbe	**schwach kanten-rissig, mürbe**	**stark netz- u. kanten-rissig, mürbe**	**zweifelhaft**	Bedeckt mit zahlreichen Warzen, Ausblühungen und Abschieferungen.
bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	
stark netzrissig	**kantenrg., geworfen**	**stark netz- u. kanten-rissig, mürbe**	**zweifelhaft**	„ „
ziemlich netzrissig	**kantenrissig und schwach netzrissig**	**netz- u. kantenrissig**	**zweifelhaft**	„ „
stark rissig	bestanden	schwach netz- und kantenrissig, mürbe	„	
anrissig	„	bestanden	bestanden	
schwach netzrissig	„	schwach kantenrissig	„	Schwindrissig.
bestanden	„	bestanden	„	
„	„	„	„	Schwindrissig mit einigen Abschieferungen.
schwach anrissig	„	kantenrissig	„	
bestanden	„	bestanden	„	Schwindrissig.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Warm-Wasser- 50° C.
142	1892	IX	3	2,80	7,67	6,8	84	–	6,7	44,4	bestanden	bestanden
143	„	„	3	2,85	5,78	6,2	84	–	7,1	37,5	„	„
144	„	„	3	2,70	10,33	3,7	120	–	7,7	63,1	„	„
145	„	„	8	2,66	13,26	15,9	58	–	7,7	49,6	„	„
146	„	„	12	—	—	—	—		—	—	„	„
147	„	„	21	—	—	—	—		—	—	„	„
148	„	„	29	2,65	14,93	3,9	50	–	8,6	59,0	„	„
149	„	X	1	2,60	12,31	9,7	55	–	5,3	37,1	„	„
150	„	„	3	2,58	15,04	17,7	60	–	6,6	34,3	„	„
151	„	„	11	2,59	18,18	19,9	144	–	4,3	24,6	„	„
152	„	„	18	2,48	21,08	26,3	10	–	4,8	30,1	„	„
153	„	„	19	2,81	10,44	12,2	24	–	5,4	37,1	„	„
154	„	„	20	2,76	14,29	17,6	60	–	6,9	41,5	„	„
155	„	„	21	2,62	16,93	25,2	60	–	4,6	26,2	„	„
156	„	„	22	2,50	20,65	18,6	204	–	3,3	20,1	„	„
157	„	XI	2	2,70	11,54	4,8	204	–	6,8	38,6	„	„
158	„	„	4	2,68	15,80	14,6	50	–	5,4	34,6	„	„
159	„	„	4	2,67	13,72	0,6	108	–	7,8	44,1	„	„
160	„	„	9	2,68	12,16	10,9	55	–	8,4	51,3	„	„
161	„	„	19	2,82	6,86	3,9	22	–	10,1	85,3	„	„
162	„	„	23	2,68	11,45	19,0	72	–	5,1	34,7	„	„
163	„	XII	7	2,68	11,97	16,4	8	30	*)	*)	**stark treibrissig, geworfen**	**fein anrissig**
164	„	„	13	2,75	11,45	9,1	15	–	10,0	107,0	„	**fein anrissig**
165	1893	I	4	2,66	13,66	17,0	192	–	*)	*)	**nicht bestanden**	**stark rissig**
166	„	„	9	2,85	12,36	18,5	24	–	6,5	37,0	—	bestanden
167	„	II	1	2,56	15,64	0,6	100	–	*)	*)	**nicht bestanden**	**stark rissig**
168	„	„	4	2,82	15,82	5,0	96	–	7,7	43,3	bestanden	bestanden
169	„	„	18	2,66	14,75	6,9	192	–	5,5	28,4	„	anrissig *)
170	„	„	18	2,73	7,64	13,7	20	–	8,1	47,5	„	bestanden
171	„	„	25	2,69	12,26	11,8	30	–	7,8	36,5	„	„
172	„	III	10	2,74	12,20	15,2	60	–	7,3	42,0	„	„
173	„	„	11	2,68	12,54	5,3	72	–	6,4	47,3	„	„
174	„	„	11	2,78	18,48	24,7	c.240	–	3,2	12,7	„	zerfallen *)
175	„	„	13	2,70	11,55	21,4	72	–	5,5	40,8	„	bestanden
176	„	„	22	2,85	8,95	13,5	192	–	3,5	21,7	„	„
177	„	„	29	2,72	12,74	14,6	24	–	9,4	44,8	„	„

) Mörtelproben 1 : 3, Zug und Druck sind nach ca. 10 Tagen rissig geworden. *) Mörtelproben 1 : 3, Zu

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben				
badprobe	Dampfdarrprobe		Kuchenprobe	Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
75° C.	50° C.	75° C.	Luftlagerung	
rissig	bestanden	netz- u. kantenrissig	bestanden	
bestanden	„	anrissig	„	
schwach rissig	„	Spuren von Kantenrissen	„	Schwach schwindrissig.
bestanden	„	bestanden	„	Schwindrissig.
rissig	„	kantenrissig, geworfen	„	
„	„	„ „	„	
bestanden	„	bestanden	„	Schwindrissig.
stark rissig, mürbe	„	rissig, mürbe	„	Schwach schwindrissig.
bestanden	„	rissig, geworfen	„	
stark rissig, mürbe	„	**stark netz- und kantenrissig, mürbe**	„	
„ „ „	„	bestanden	„	Schwach schwindrissig.
„ „ „	„	stark geworfen, netz- und kantenrissig	„	
bestanden	„	bestanden	„	Schwach schwindrissig.
„	„	„	„	
stark anrissig, mürbe	bestanden, mürbe	bestanden, mürbe	„	
stark netzrissig, mürbe	bestanden	schwach geworfen, mürbe	„	
bestanden	„	bestanden	„	Schwindrissig, mit einigen Ausblühungen.
„	„	„	„	„ „ „ „
„	„	„	„	
„	„	„	„	
„	„	„	„	
zerfallen	**stark netz- und kantenrissig**	**stark netz- und kantenrissig, mürbe**	**zerfallen**	*) Treibrissig geworden zwischen 7 u. 28 Tagen. Nach 7 Tagen ergab der Mörtel 1:3, Zug 2,1, Druck 37,0 kg. pro cm².
stark netzrissig, mürbe	**schwach netz- und kantenrissig**	„	„	
zerfallen	**schwach geworfen, mürbe**	stark netz- u. kantenrissig, geworfen	„	*) Probekörper sind treibrissig geworden. **)
bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	Schwindrissig.
zerfallen	**netz- u. kantenrissig, geworfen**	**stark netz- u. kantenriss., geworf., mürbe**	**zerfallen**	*) Probekörper sind treibrissig geworden. ***)
bestanden	bestanden	Spur. v. Kantenrissen	bestanden	Schwindrissig.
zerfallen	„	„	„	*) Probekörper waren wahrscheinlich zu frisch.
bestanden	„	bestanden	„	Schwindrissig.
„	„	„	„	„
„	„	„	„	„
stark rissig	„	schwach kantenrissig, geworfen	„	
zerfallen *)	„	geworfen, rissfrei	„	*) Proben waren wahrscheinlich zu frisch.
anrissig	„	schwach netz- und kantenrissig, geworf.	„	Zeigt einzelne Abschieferungen.
stark rissig, mürbe	intakt, mürbe	stark netz- und kantenrissig	„	
bestanden	bestanden	bestanden	„	Schwindrissig.

nd Druck sind innerhalb der ersten 7 Tagen rissig geworden.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Warm-Wasser-50° C.
178	1893	IV	4	2,78	9,64	14,7	45	–	5,1	31,8	bestanden	bestanden
179	„	„	10	2,78	9,83	12,8	48	–	5,8	40,5	„	„
180	„	„	13	2,77	10,21	12,2	60	–	6,3	38,4	„	„
181	„	„	18	2,84	8,84	10,1	94	–	4,8	25,3	schwach geworfen, vereinzelte Kantenrisse *)	„
182	„	„	19	2,78	10,28	9,9	28	–	5,4	36,5	bestanden	„
183	„	„	20	2,61	15,48	14,8	35	–	6,7	42,7	„	„
184	„	V	18	2,76	11,30	10,2	60	–	6,3	44,5	„	„
185	„	„	19	2,75	11,26	24,4	60	–	6,3	41,6	„	„
186	„	„	26	2,70	11,39	15,0	24	–	8,0	40,3	„	„
187	„	„	26	2,69	13,54	14,3	12	–	10,6	55,1	„	„
188	„	VI	7	2,70	10,90	16,1	20	–	8,5	38,4	„	„
189	„	„	22	2,58	15,39	26,5	40	–	6,3	42,3	„	„
190	„	„	26	2,69	12,41	16,4	20	–	9,1	49,6	„	„
191	„	„	26	2,74	10,48	4,9	84	–	9,1	67,9	„	„
192	„	VII	8	2,64	14,32	14,5	50	–	6,9	38,8	„	„
193	„	„	8	2,68	12,40	10,8	45	–	5,6	45,1	„	„
194	„	„	17	2,69	12,15	12,4	48	–	7,7	42,8	„	„
195	„	„	25	2,83	15,12	5,8	144	–	6,7	45,3	„	„
196	„	VIII	9	2,78	10,08	8,6	26	–	9,4	51,1	„	„
197	„	„	17	2,58	15,97	9,3	84	–	9,4	47,8	„	„
198	„	„	24	2,70	11,18	10,0	24	–	6,3	44,4	„	„
199	„	„	29	2,78	15,60	19,8	84	–	7,4	41,5	„	„
200	„	IX	13	2,68	13,71	9,8	60	–	10,1	53,4	„	„
201	„	„	13	2,71	12,72	1,4	7	30	13,4	81,5	„	„
202	„	„	13	2,74	9,13	9,4	50	–	7,5	49,3	„	„
203	„	„	29	2,76	10,20	7,1	72	–	4,7	26,3	„	„
204	„	„	30	2,74	8,25	7,9	60	–	7,8	50,0	„	„
205	„	„	30	2,79	6,92	8,8	48	–	7,1	41,4	„	„
206	„	X	4	2,66	12,22	17,7	72	–	6,8	40,9	„	„
207	„	XI	22	2,68	11,98	24,5	90	–	5,4	33,5	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben				Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
badprobe	Dampfdarrprobe		Kuchenprobe	
75° C.	50° C.	75° C.	Luftlagerung	
bestanden	bestanden	starker Riss, Ausblühungen bestanden	bestanden	Zeigt einzelne Abschieferungen.
schwach anrissig	„		„	
stark anrissig	„	—	„	
—	„	—	„	*) Von lokalen, löschfähigen Einsprenglingen herrührend.
—	„	—	„	
—	„	—	„	Schwach schwindrissig.
—	„	—	„	Zeigt geringfügige Ausblühungen.
—	„	—	„	Schwindrissig.
—	„	—	„	Schwindrissig, schwache Ausblühungen.
—	„	—	„	„ „ „
—	„	—	„	Zeigt geringfügige Ausblühungen.
—	„	—	„	Einzelne Abschieferungen.
—	„	—	„	Zeigt geringfügige Ausblühungen.
—	„	—	„	„ „ „
—	„	—	„	Eine Platte schwindrissig.
—	„	—	„	„ „ „
—	„	—	„	„ „ „
—	„	—	„	
—	„	—	„	
—	„	—	„	Zeigt einzelne Ausblühungen.
—	„	—	„	
—	„	—	„	„ „ „
—	„	—	„	Zeigt geringfügige Ausblühungen.
—	„	—	„	
—	„	—	„	
—	„	—	„	
—	„	—	„	„ „ „
—	„	—	„	„ „ „
—	„	—	„	
—	„	—	„	

Die Resultate unserer Volumenbeständigkeitsproben mit hydraul. Kalken lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. *Unter den im Zeitraume vom Jahre 1886 bis einschliesslich 1893 den Volumenbeständigkeitsproben unterworfenen 647 hydraul. Kalken befinden sich 20 ausgesprochene Wassertreiber.*

2. *Wassertreiber haben in der Regel bei ausschliesslicher Luftlagerung auch zweifelhaftes, beziehungsweise schlechtes Verhalten ergeben.*

3. *Eigentliche Lufttreiber, also hydraul. Kalke, die unter Wasser stehen, an der Luft dagegen von Aussen nach Innen fortschreitend allmälig zerfallen, sind nicht vorgekommen.*

4. *Die Kuchenprobe, Wasserlagerung ist zur Kennzeichnung der Volumenbeständigkeitsverhältnisse hydraul. Kalke wegen deren langsamen Reaktion für Bedürfnisse der Praxis nicht ausreichend.*

5. *Die bei den Portland- und Schlackencementen üblichen, beschleunigten Prüfungsmethoden der Volumenbeständigkeitsverhältnisse sind zur Beurteilung hydraul. Kalke unbrauchbar.*

6. *Durch 50°-ige Wasser- oder feuchte Luftbäder* (ausgeführt nach Art der Dampfdarrproben) *lassen sich die Volumenbeständigkeitsverhältnisse hydraul. Kalke in angemessen kurzer Frist mit Sicherheit bestimmen.*

7. *Die 50°-igen Wasser- oder Dampfdarrproben sind ziemlich gleichwertig; weil vom zufälligen Feuchtigkeitsgrad der Probekörper unabhängig, sind die Warmwasserbad- und die 50°-igen Dampfdarrproben den trockenen Darrproben vorzuziehen.*

8. *Die beobachteten Verkrümmungen, die Kanten- und Netzrissigkeit, die Bildung von Warzen, Ausblühungen oder schuppenförmigen Ablösungen* (Abschieferungen) *sind Folge des allmälig verlaufenden Nachlöschprozesses körniger Einschlüsse* (überbrannte Kalkkörner, mangelhaft hydratisierte Mergelkörner). Es ist daher nötig die *50°-igen Wasser- oder die feuchten Luftbäder* auf eine Dauer von mindestens 6—8 Stunden auszudehnen.

8. *Die den beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben zu unterwerfenden Probekörper müssen vollständig abgebunden sein.*

b. Resultate der Volumenbeständigkeitsproben mit Romancementen.

Ergebnisse der Revision der Probekörper vom Februar 1894.

Die Eintragung der Beobachtungen bezüglich der Cemente No. 1 bis 45 beziehen sich der Hauptsache nach auf die Revision vom Jahre 1889. Nach 3-jähriger Erhärtungsdauer wurden die unverändert gebliebenen, ausser Zweifel fallenden Luft- und Wasserproben ausrangiert.

„Serie 1" der folgenden Zusammenstellungen giebt das Beobachtungsmaterial aus den Jahren 1886 bis einschliesslich 1891, in welchem Zeitraume die Romancemente den Portland- und Schlackencementen ähnlich behandelt wurden. **„Serie 2"** dagegen enthält das Beobachtungsmaterial aus letzterer Zeit, während welcher die Dampf- und Warmwasserprobe bei abgeminderten Temperaturen und reduzierten Dauer der Einwirkung benützt wurden.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
				1. Serie.								
1	1886	II	15	3,00	5,50	5,6	–	45	18,3	97,4	fehlt*)	bestanden
2	„	„	15	2,98	6,23	0,9	–	48	20,8	109,1	„	„
3	„	III	5	—	—	13,8	2	25	9,6	c. 50,0	bestanden	„
4	„	„	5	—	—	8,3	5	30	9,8	c. 50,0	„	„
5	„	IV	30	2,96	8,74	5,6	–	20	18,8	127,0	„	„
6	„	V	1	3,03	3,47	9,7	8	30	12,1	94,2	„	netzrissig
7	„	VII	7	2,94	7,43	20,7	3	20	12,3	59,6	„	bestanden
8	„	IX	25	2,97	8,10	11,5	1	30	14,9	67,2	„	„
9	„	„	25	2,93	8,40	15,1	7	–	11,6	—	„	„
10	„	XI	3	2,92	5,11	10,4	17	30	10,8	83,9	„	rissig
11	„	XII	20	3,06	4,00	3,6	1	–	15,1	83,6	„	„
12	1887	I	8	2,95	7,10	8,4	1	45	16,9	96,4	„	bestanden
13	„	„	27	2,99	3,90	8,8	6	–	13,5	102,0	„	netzrissig
14	„	II	16	3,07	5,11	19,3	–	45	6,3	—	„	bestanden
15	„	III	14	3,13*	3,33	8,5	–	19	19,8	116,9	„	„
16	„	V	31	—	—	—	–	–	—	—	„	„
17	„	IX	1	3,03	6,01	7,7	–	14	12,8	85,0	„	„
18	„	„	5	2,96	5,82	10,1	–	42	7,9	52,9	„	„
19	„	„	7	3,04	6,24	1,1	–	42	17,5	148,2	„	„
20	„	„	8	2,93	10,54	12,5	–	12	13,3	115,5	„	„
21	„	„	12	3,01	6,70	21,1	4	–	6,2	40,9	„	„
22	„	X	6	2,83	8,96	0,5	12	–	8,0	50,5	„	„
23	1888	IV	23	3,04	5,40	7,2	–	13	16,9	125,0	„	„
24	„	„	28	3,05	4,77	2,4	–	50	19,9	180,1	„	mürbe
25	„	V	30	3,02	6,00	11,8	–	6	18,3	177,8	„	bestanden
26	„	IX	22	2,97	6,23	2,4	4	–	14,4	105,4	„	„
27	„	XII	18	2,86	9,04	4,6	2	–	9,9	113,4	„	„
28	„	„	18	2,86	8,61	2,9	2	–	9,5	114,6	„	„
29	1889	I	7	3,09	4,81	12,4	–	16	18,0	130,1	„	kantenrissig, mürbe
30	„	„	11	2,96	6,80	3,9	–	12	13,7	134,0	„	bestanden
31	„	„	14	2,98	4,19	7,2	13	–	9,7	95,5	„	anrissig
32	„	II	23	3,02	7,21	0,4	–	13	16,1	164,3	„	bestanden
33	„	III	3	2,99	4,20	5,6	12	30	9,3	88,5	„	fein anrissig, geworfe
34	„	III	23	3,05	2,62	4,3	4	40	9,0	67,3	„	kantenrissig, mürbe

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
		1. Serie.	
fein anrissig	—	fehlt*)	Vollkommen intakt n. ca. 2 Jahren ausrangiert.*)
bestanden	—	„	„ „ „ „ „
„	—	„	„ „ „ „ „
„	—	„	„ „ „ „ „
fein anrissig	fein anrissig	bestanden	Fast vollkommen tadellos.
rissig	zerfallen	zweifelhaft	Hohlgeworfen, bedeckt mit kleinen Ausblühungen und Wärzchen.
bestanden	rissig	bestanden	
„	bestanden	„	Glatt; schwach geworfen.
„	„	„	
rissig	rissig mürbe	„	
„	zerfallen	„	
bestanden	bestanden	„	
rissig	zerfallen	zweifelhaft	Probe Portlandartig; zeigt schalenförmige Ablösungen an der Oberfläche; Kern hart.
fein anrissig	„	bestanden	Zeigt einzelne körnige Einsprenglinge und Ablösungen.
bestanden	—	„	Dr. Heintzel fand 3,15.*)
„	—	„	
„	bestanden	„	
„	„	„	
rissig	netzrissig	„	
fein anrissig	teilw. zerfallen	„	
„	„	„	
„	„	fehlt	
bestanden	fein anrissig	bestanden	Zeigt kleine vereinzelte Abschuppungen.
rissig	zerfallen	„	Zeigt einzelne Ausblühungen und Ablösungen.
bestanden	bestanden	„	
rissig	fein anrissig	„	
bestanden	bestanden	„	
„	„	„	
rissig	zerfallen	„	Zeigt Spuren von Ablösungen (Kalkeinsprenglinge).
bestanden	bestanden	„	
rissig	zerfallen	„	Bedeckt mit kleinen Warzen.
fein anrissig	fein anrissig	„	Zeigt vereinzelte Warzen.
zerfallen	zerfallen	„	Bedeckt mit kleinen Warzen u. Ausblühungen.
anrissig	zerfallen	„	„ „ „

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
35	1889	V	8	3,04	5,46	4,6	–	10	14,0	150,4	bestanden	bestanden
36	„	„	14	2,95	8,22	9,2	–	6	13,8	132,3	„	„
37	„	„	19	2,93	7,45	3,0	–	15	11,1	107,8	„	„
38	„	„	22	3,06	4,82	4,3	–	5	13,5	114,1	„	„
39	„	VI	4	2,94	6,79	2,0	4	30	14,1	137,8	„	anrissig
40	„	„	25	3,06	4,38	2,0	–	4	12,3	120,4	„	rissig
41	„	VII	2	2,98	6,54	—	–	–	—	—	„	„
42	„	„	20	3,07	4,76	11,1	–	55	12,3	122,5	„	netzrissig,geworfen
43	„	„	„	3,00	5,45	4,6	16	–	16,6	126,8	„	bestanden
44	„	„	23	3,09	4,24	13,2	–	15	11,4	113,5	„	schwach netzrissig, geworfen
45	„	X	19	3,05	5,02	12,45	–	7	10,9	111,5	„	netzrissig, mürbe, bröcklig
46	„	XII	10	2,91	3,79	5,8	14	–	13,7	166,0	„	netz- u. kantenrissig, mürbe.
47	1890	I	14	3,10	4,22	3,2	–	14	19,3	168,0	„	„
48	„	II	14	3,02	5,90	2,8	–	15	10,9	110,8	„	bestanden
49	„	III	25	2,82	10,03	6,2	5	30	9,7	67,0	„	„
50	„	„	„	3,03	5,42	5,0	12	–	12,8	98,3	„	„
51	„	IV	16	3,09	4,80	7,4	–	10	15,5	121,3	„	netz- u. kantenrissig, mürbe.
52	„	„	„	3,09	4,66	8,5	–	9	15,5	140,6	„	„
53	„	„	19	3,04	4,90	12,2	–	7	15,8	141,4	„	bestanden
54	„	„	29	3,01	4,26	16,5	3	30	13,2	92,1	fehlt	Ausblühungen
55	„	V	10	3,05	5,35	9,1	–	15	15,6	122,6	bestanden	netz- u. kantenrissig mürbe.
56	„	VI	10	3,11	4,90	5,8	–	10	16,1	141,0	„	„
57	„	VIII	5	3,11	5,04	7,6	–	6	15,1	154,4	„	netzrissig, mürbe
58	„	IX	25	3,03	8,30	Sp.	–	16	16,0	133,4	„	bestanden
59	„	XI	3	3,10	4,22	2,2	–	19	17,3	149,4	„	kantenrissig, mürbe
60	1891	I	22	3,10	4,77	7,8	18	–	5,9	44,0	„	bestanden
61	„	„	31	2,87	8,35	3,0	30	–	20,1	185,8	„	fein netzrissig
62	„	II	2	3,00	4,39	2,3	–	4	16,8	155,1	„	bestanden
63	„	III	9	3,06	3,67	15,0	6	–	6,7	32,8	„	bröcklig
64	„	„	28	3,08	2,68	10,5	–	16	17,4	166,9	„	zerfallen
65	„	IV	4	2,99	3,68	8,5	4	30	3,8	25,0	„	bestanden
66	„	V	1	3,14	4,14	11,5	–	11	16,6	150,8	„	„
67	„	VI	19	2,83	11,09	2,4	6	–	15,1	90,5	„	„
68	„	VII	13	2,89	10,16	8,2	4	05	18,0	115,3	„	„
69	„	„	16	3,13	4,54	14,0	–	16	15,8	137,1	„	netz- u. kantenrissig, mürbe
70	„	„	31	?	4,89	10,8	–	17	16,7	143,1	„	netzrissig, mürbe

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
rissig	fein anrissig	bestanden	Zeigt vereinzelte Warzen.
bestanden	bestanden	„	„ „ „
rissig	zerfallen	„	„ „ „
„	„	„	„ „ „
„	„	„	„ „ „
„	„	„	„ „ „
fein anrissig, fast bestanden	bestanden	„	
rissig, Abschälungen	zerfallen	„	
rissig	bestanden	„	
„	zerfallen	„	Zeigt vereinzelte Warzen.
stark rissig	Nach 1 1/3 St. zerfallen	„	Zeigt Warzen und kleine Ausblühungen.
rissig	zerfallen	nicht bestanden	Kuchen an den Rändern rissig, Kanten mürbe; stark warzig.
„	„	bestanden	
fein rissig	rissig	„	
bestanden	bestanden	„	
„	netzrissig	„	Zeigt schwache Ausblühungen.
rissig	zerfallen	„	
„	„	„	
fast bestanden	„	„	Zeigt einzelne Ausblühungen und Warzen.
rissig	„	„	Schwach schuppig, warzig; Material fest.
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	Zeigt einzelne kleine Warzen.
„	bestanden	„	
„	zerfallen	„	
bestanden	bestanden	„	
rissig	fast bestanden	„	
„	netzrissig	„	Zeigt einige Ausblühungen.
„	zerfallen	„	Zeigt Warzen und Ausblühungen.
„	„	„	Zeigt Ausblühungen.
schwach rissig	„	„	„ „
rissig	„	„	Zahlreiche kleine Ausblühungen, Warzen.
bestanden	bestanden	„	Zeigt Ausblühungen.
„	„	„	Kuchen sind schwindrissig.
rissig	zerfallen	„	
„	„	„	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe- Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
71	1891	VIII	19	3,09	5,12	9,0	–	30	18,2	154,1	bestanden	bestanden
72	„	IX	21	2,95	9,14	6,1	84	–	11,9	43,2	„	„
73	„	„	22	3,09	4,56	9,9	–	12	18,0	163,9	„	kantenrissig, geworfen
74	„	XI	12	2,93	4,96	3,8	30	–	15,5	132,9	„	bestanden
75	„	XII	28	3,07	3,01	7,3	–	8	12,0	114,0	„	netzrissig, mürbe

Aus vorstehender Zusammenstellung geht hervor, dass

1. *Unter den 75 in den Jahren 1886 bis ausschliesslich 1892 im eidg. Festigkeitsinstitute untersuchten Romancementen sich kein Wassertreiber befindet; dass*

2. *Widersprüche zwischen dem Verhalten der Romancemente bei Luft- und Wasserlagerung nicht angetroffen wurden;* endlich dass

3. *Die beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben, wie solche bei Portland- und Schlackencementen üblich sind, auf die Romancemente nicht anwendbar sind.*

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe, Luftlagerung	
rissig	zerfallen	bestanden	
schwach anrissig	bestanden	„	
rissig	rissig	„	Spuren und Ausblühungen.
bestanden	bestanden	fehlt	„ „ „
zerfallen	zerfallen	„	

Seit Januar 1892 wurden die bei Prüfung der Volumenbeständigkeitsverhältnisse der Portland- und Schlackencemente gebrauchten, beschleunigten Probe, nämlich die 100°-ige Darr- und Kochprobe, ferner die Glühprobe ersetzt durch 50°-ige und 75°-ige Dampfdarr-, beziehungsweise durch 50°-ige und 75°-ige Warmwasserprobe. In nachstehenden Zusammenstellungen geben wir die Resultate unserer Beobachtungen des Verhaltens der Romancemente in diesen ermässigten Darr- und Wasserbadproben.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Warm-Wasser-50° C.
2. Serie.												
76	1892	II	22	2,95	6,27	6,6	36	–	14,3	108,1	bestanden	bestanden
77	„	„	22	2,81	10,20	6,0	25	–	13,3	167,4	„	„
78	„	IV	22	2,98	5,23	5,8	–	20	14,7	180,0	„	„
79	„	„	11	3,10	2,29	9,8	–	20	13,6	139,5	„	„
80	„	„	22	2,98	5,23	5,8	–	20	14,7	180,0	„	anrissig
81	„	„	29	3,08	2,88	8,0	–	15	15,3	151,6	„	bestanden
82	„	„	29	3,04	2,62	5,5	–	30	12,9	128,3	„	„
83	„	V	6	3,14	1,94	9,0	–	9	15,7	155,3	„	„
84	„	„	7	3,10	2,47	9,1	–	7½	14,5	139,4	„	„
85	„	„	27	3,11	2,58	11,3	–	10	13,3	126,9	„	„
86	„	VI	13	3,03	3,69	11,2	–	15	12,3	111,0	„	„
87	„	„	24	3,10	2,64	6,6	–	10	10,9	99,0	„	„
88	„	„	24	3,06	3,91	6,7	–	15	12,8	127,4	„	„
89	„	VIII	17	3,10	4,50	7,0	–	15	13,2	140,5	„	„
90	„	„	17	3,10	2,51	9,8	–	15	8,8	91,5	„	„
91	„	„	18	3,09	2,74	10,3	–	11	10,3	122,5	„	„
92	„	IX	2	3,12	5,18	8,0	–	25	13,4	144,0	„	„
93	„	„	3	3,01	5,23	5,7	–	30	13,8	136,0	„	„
94	„	X	19	3,02	3,36	15,5	15	30	12,7	104,5	„	„
95	„	„	20	3,07	2,04	6,5	–	15	11,7	105,8	„	„
96	„	„	22	2,96	3,69	7,1	–	45	15,4	127,5	„	„
97	„	„	24	3,12	1,84	5,0	–	12	13,0	132,5	„	„
98	„	„	26	3,01	4,50	7,5	–	11½	11,6	120,6	„	„
99	1893	II	6	3,00	4,25	11,0	6	–	6,8	39,6	„	„
100	„	„	14	2,88	10,16	4,5	1	–	11,6	75,6	„	„
101	„	III	1	3,05	5,17	4,5	–	15	11,6	112,8	„	„
102	„	„	1	3,03	3,54	2,0	–	5	14,2	141,0	„	„
103	„	„	30	2,92	6,20	19,3	–	20	4,6	32,6	„	„
104	„	„	30	2,88	6,51	11,6	–	20	9,5	85,9	„	„
105	„	V	18	3,03	3,36	3,1	1	–	7,9	64,6	„	„
106	„	„	18	3,11	2,85	3,7	–	7	13,5	150,6	„	„
107	„	„	26	—	—	—	—		—	—	„	„
108	„	VI	8	3,18	3,05	13,2	–	9	12,4	107,3	„	„
109	„	„	9	3,08	2,61	8,0	–	7	12,9	114,6	„	„

*) Seit Mai 1893 wurden auch die 75°-ige Dampfdarr- und die 75°-ige Warmwasserbadprobe als wertlos

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben				
badprobe	Dampfdarrprobe		Kuchenprobe	Bemerkungen zu den Kuchenproben
75° C.	50° C.	75° C.	Luftlagerung	„Luftlagerung“
2. Serie.				
bestanden	bestanden	bestanden	fehlt	
„	„	„	bestanden	
„	„	„	„	
„	„	„	„	Kanten mürbe; Kuchen bedeckt mit ausserordentlich zahlreichen Warzen und Ausblühungen.
stark netzrissig	**kantenrissig, geworfen**	**netz- u. kantenrissig**	**nicht bestanden**	
„ „	bestanden	kantenrissig, Ausblühungen	bestanden	Kanten schwindrissig, Spur von Ausblühungen.
bestanden	„	schwach netz- und kantenrissig	„	Geringfügige Ausblühungen.
Spur von Anrissen	„	Spuren v. Netzrissen	„	Geringfügige Warzen u. Ausblühungen.
bestanden	„	bestanden	„	„ „ „
„	„	„	„	
„	„	„	„	
„	„	Spuren von Kantenrissen	„	
stark netzrissig	„	netz- u. kantenrissig	„	Kuchen zeigen Warzen und Ausblühungen.
bestanden	„	bestanden	„	
stark netzrissig	„	netz- und kantenrissig	„	Kuchen zeigen Warzen und Ausblühungen, Material fest.
bestanden	„	Spuren von Kantenrissen mürbe,	„	Spuren von Ausblühungen.
„	„	bestanden	„	
„	„	„	„	Beide Kuchen schwindrissig.
„	„	„	„	
„	„	geworfen	„	1 Kuchen schwindrissig.
„	„	bestanden	„	
„	„	„	„	„ „ „
„	„	„	„	„ „ „
„	„	„	„	
„	„	„	„	
schwach netzrissig	„	Spuren v. Kantenrissen, Ausblühung.	„	
bestanden	„	bestanden	„	Kuchen zeigt geringfügige Ausblühungen.
„	„	„	„	
netzrissig, mürbe	geworfen, schwach kantenrissig	netz- u. kantenrissig; geworfen, mürbe	„	Kuchen zeigt geringfügige Warzen und Ausblühungen.
— *)	bestanden	— *)	„	Zahlreiche Warzen und Ausblühungen, Material fest.
—	starke Ausblühungen	—	„	Kuchen zeigt geringfügige Ausblühungen.
—	bestanden	—	„	
—	„	—	„	
—	„	—	„	

*) wieder aufgegeben.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Warm-Wasser-Lagerung 50° C.
110	1893	VI	12	3,10	2,88	5,2	–	9½	12,3	123,1	bestanden	bestanden
111	„	„	16	3,03	4,30	4,2	–	12½	12,4	124,3	„	„
112	„	VII	1	3,11	1,55	1,4	–	12	18,8	200,8	„	„
113	„	„	3	—	—	—	—		—	—	„	„
114	„	„	15	3,03	5,37	3,1	–	25	16,8	137,3	„	„
115	1893	IX	27	3,07	4,42	4,5	–	8	13,1	131,1	„	„
116	„	X	4	2,95	7,27	3,2	–	13	19,1	194,1	„	„
117	„	„	28	3,07	3,44	5,0	–	9	12,6	115,6	„	„
118	„	XII	5	2,96	6,18	23,9	2	–	6,5	50,5	„	„
119	„	„	5	2,93	7,28	24,2	8	–	6,6	54,1	„	„
120	„	„	11	3,02	2,82	10,0	–	16	13,8	154,5	„	„
121	„	„	11	3,06	2,13	4,8	–	10	11,6	114,0	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben				Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
badprobe	Dampfdarrprobe		Kuchenprobe	
75° C.	50° C.	75° C.	Luftlagerung	
—	bestanden	—	bestanden	
—	„	—	„	
—	„	—	„	Kuchen zeigen Warzen und geringfügige Ausblühungen.
—	„	—	„	
—	„	—	„	
—	„	—	„	
—	„	—	„	Kuchen zeigt geringfügige Ausblühungen.
—	„	—	„	Kuchen zeigen Warzen und Ausblühungen.
—	„	—	„	
—	„	—	„	Kuchen zeigen Ausblühungen.
—	„	—	„	
—	„	—	„	

Anschliessend an die Konklusionen auf Seite 188 geht aus vorstehenden Zusammenstellungen hervor, dass

4. *Zur Beurteilung der Volumenbeständigkeitsverhältnisse der Romancemente sich sowohl die 6 Stunden dauernde 50°-ige Dampfdarrprobe, als auch die gleich lang dauernde 50°-ige Warmwasserprobe widerspruchsfrei eignet;* dass ferner

5. *die Warmwasserprobe der Dampfdarrprobe ziemlich gleichwertig sei. Weil vom zufälligen Feuchtigkeitsgrade der Probekörper unabhängig, sind diese der trockenen Darrprobe vorzuziehen.*

c. Resultate der Volumenbeständigkeitsproben mit Schlackencementen.

Ergebnisse der Revision der Probekörper vom Jahre 1894.

Die Eintragungen der Beobachtungen bezüglich der Cemente No. 1 bis 46 beziehen sich der Hauptsache nach auf die Ergebnisse der Revision vom Jahre 1889. Nach 3-jähriger Erhärtungsdauer wurden die unverändert gebliebenen, ausser Zweifel fallenden Luft- und Wasserproben ausrangiert.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
1	1886	III	8	2,67	7,24	1,0	22	–	35,1	225,1	bestanden	bestanden
2	„	„	23	2,68	8,85	0,6	21	–	35,4	197,6	fehlt	„
3	„	„	26	2,66	7,72	0,2	25	30	31,8	236,2	„	„
4	„	IV	24	2,69	7,75	0,5	14	–	33,9	207,8	bestanden	„
5	„	VI	22	2,65	9,74	3,6	17	–	11,1	65,9	„	„
6	„	VIII	21	2,67	8,47	0,6	10	–	32,8	229,3	„	„
7	„	IX	25	2,75	6,50	0,9	10	–	32,3	238,4	„	„
8	„	XII	13	2,67	7,93	0,2	8	–	27,1	158,6	„	„
9	„	„	27	2,66	7,35	0,2	12	–	22,8	117,9	„	„
10	1887	I	12	2,66	7,11	0,4	10	–	25,1	165,8	„	„
11	„	III	10	2,66	7,26	0,6	11	30	29,3	194,4	„	„
12	„	IV	5	2,67	6,47	1,2	11	30	27,6	210,7	**bestanden**	**bestanden**
13	„	„	25	2,70	7,75	0,1	7	30	29,4	238,8	bestanden	bestanden
14	1888	„	13	2,68	7,65	0,4	7	15	24,8	203,8	**bestanden**	**netzrissig, mürbe**
15	„	„	18	2,72	7,67	1,0	10	–	23,8	196,5	„	**bestanden**
16	„	V	9	2,69	8,10	0,3	1	–	26,6	245,9	„	„
17	„	VI	30	2,65	8,60	0,0	14	–	23,9	224,9	„	„
18	„	VIII	29	2,64	8,85	0,5	17	–	26,3	263,0	„	„
19	„	IX	3	2,65	8,45	0,8	17	–	27,3	264,9	„	„
20	„	„	3	2,64	9,12	0,7	16	–	26,0	253,0	„	„
21	„	„	3	2,66	8,27	0,4	14	30	27,6	260,0	„	„
22	„	„	6	2,63	8,69	0,6	15	–	26,6	270,5	„	„
23	„	„	6	2,64	8,61	0,4	15	–	26,6	275,1	„	„
24	„	„	12	2,64	8,91	0,4	18	–	29,4	257,6	„	„
25	„	„	12	2,64	9,22	0,4	18	30	26,3	238,8	„	„
26	„	„	27	2,65	8,47	0,3	16	30	27,5	258,1	„	„
27	„	„	27	2,65	9,10	0,2	17	–	24,7	209,9	„	„
28	„	X	2	2,65	8,93	1,0	17	–	24,3	234,5	„	„
29	„	„	10	2,65	7,87	0,7	15	–	26,9	256,4	„	„
30	„	„	15	2,65	8,11	0,6	17	–	20,9	177,6	„	**netzrissig, geworfen**
31	„	„	22	2,66	9,20	0,2	15	–	22,6	202,5	„	**bestanden**
32	„	„	30	2,63	7,93	0,2	18	–	24,8	232,9	„	„
33	„	XI	2	2,65	8,09	0,3	16	–	23,3	226,0	„	„
34	„	„	8	2,64	8,20	0,3	16	–	26,5	219,9	„	„
35	„	„	8	2,67	7,80	0,3	16	–	24,9	212,3	„	„
36	„	„	12	2,66	8,11	0,2	16	–	24,4	229,9	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	fehlt	Proben haben tadellos bestanden, wurden nach 2 Jahren ausrangiert.
„	„	„	
„	„	„	
„	„	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	Oberflächen zeigen einzelne Kalkeinspringlinge.
„	„	„	
bestanden	**Netzrisse mit Kalkausscheidungen**	**nicht bestanden**	Bedeckt mit zahlreichen Abschuppungen; stellenweise rissig.
bestanden	bestanden	bestanden	
rissig	**netzrissig**	**nicht bestanden**	Bedeckt mit zahlreichen Abschuppungen; stellenweise schwach anrissig.
bestanden	**Netzrisse mit Kalkausscheidungen**	„ „	Bedeckt mit zahlreichen Abschuppungen; stellenweise anrissig.
„	bestanden	bestanden	Zeigt vereinzelte Abschuppungen.
„	„	„	
„	„	„	„ „ „
„	„	„	„ „ „
„	„	„	„ „ „
„	„	„	„ „ „
„	„	„	„ „ „
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	Zeigt vereinzelte Abschuppungen; Kuchen fest hell klingend.
„	„	„	Etwas zahlreichere Abschuppungen als vorher.
„	„	„	Zeigt vereinzelte Abschuppungen.
„	„	„	Zeigt einzelne kleine Abschuppungen.
„	**Netzrisse mit Kalkausscheidungen**	**nicht bestanden**	Bedeckt mit zahlreich. Abschuppungen; anrissig.
„	„	**zweifelhaft**	Bedeckt mit zahlreichen Abschuppungen.
„	bestanden	bestanden	Zeigt vereinzelte, kleine Abschuppungen.
„	„	„	Zeigt ziemlich zahlreiche Abschuppungen.
„	**Netzrisse mit Kalkausscheidungen**	**nicht bestanden**	Bedeckt mit ziemlich zahlr. Abschuppungen. Spuren von Anrissen.
„	„	„	Bedeckt mit ziemlich zahlr. Abschuppungen. Anrissig.
„	„	„	Bedeckt mit ziemlich zahlr. Abschuppungen. Anrissig.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
37	1888	XI	17	2,66	7,37	0,8	17	–	23,6	214,6	bestanden	bestanden
38	„	XII	24	2,67	9,20	0,3	24	–	19,9	169,9	„	„
39	1889	I	28	2,64	6,97	0,5	36	–	19,4	136,6	„	„
40	„	„	31	2,77	3,62	0,2	36	–	21,6	161,5	„	„
41	„	III	16	2,77	6,74	0,4	10	–	15,7	100,9	„	„
42	„	„	23	2,84	5,14	0,4	25	–	19,1	152,4	„	„
43	„	IV	17	2,83	5,16	0,3	23	30	22,7	160,9	„	„
44	„	„	25	2,66	8,26	0,0	13	–	28,7	296,0	„	„
45	„	VI	26	2,83	5,03	0,0	40	–	23,9	207,6	„	„
46	„	IX	28	2,66	10,08	0,0	28	–	24,1	208,8	„	„
47	„	XI	15	2,61	11,02	Sp.	32	–	23,1	222,9	„	„
48	„	XII	16	2,65	8,13	0,8	15	–	21,1	216,3	„	Sp. v. Netzrissen
49	„	„	31	2,83	5,34	1,4	21	30	29,1	208,1	„	bestanden
50	1890	III	19	2,64	2,77	1,2	21	–	21,1	221,1	„	warzig
51	„	IV	9	2,64	9,62	0,8	14	30	25,7	267,9	„	bestanden
52	„	VI	6	2,64	8,45	1,0	13	–	25,7	295,6	„	„
53	„	„	10	2,70	8,94	0,5	60	–	18,3	92,3	„	„
54	„	VIII	1	2,69	10,89	0,6	20	–	29,1	243,9	fehlt	„
55	„	XI	22	2,63	8,68	2,0	14	30	23,3	215,9	„	„
56	„	XII	22	2,81	6,98	1,0	25	–	15,3	106,1	„	„
57	1891	I	7	2,62	9,86	0,0	7	45	25,1	201,4	bestanden	—
58	„	„	12	2,73	8,23	0,0	96	–	28,8	245,3	„	bestanden
59	„	„	17	2,91	4,73	1,1	13	30	21,6	198,0	„	„
60	„	III	17	2,61	8,72	0,8	24	–	23,4	225,3	**netzrissig, Material hart**	**netzrissig, geworfen, Ausblühungen**
61	„	„	20	—	—	—	—		—	—	bestanden	Warzen und Ausblühungen
62	„	„	„	—	—	—	—		—	—	„	„
63	„	„	„	—	—	—	—		—	—	„	„
64	„	„	„	—	—	—	—		—	—	„	„
65	„	„	„	—	—	—	—		—	—	„	„
66	„	„	„	—	—	—	—		—	—	„	„
67	„	„	„	—	—	—	—		—	—	„	„
68	„	„	„	—	—	—	—		—	—	**nicht bestanden**	—
69	„	„	„	—	—	—	—		—	—	bestanden	bestanden
70	„	IV	2	2,68	8,60	2,4	24	30	23,0	235,9	„	Warzen und Ausblühungen

Bemerkung. Bei denjenigen Schlackencementen, die in der Kuchenprobe-Luftlagerung zufolge allmälig fort auf den Kuchenproben-Wasserlagerung ähnlich zerstreute, weisse, glasige Partikelchen in der normal erhärteter

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
bestanden	bestanden	bestanden	Zeigt vereinzelte Abschuppungen.
„	„	„	Zeigt einen Kreisförmigen Schwindriss; sonst tadellos.
„	„	„	Oberfläche glatt, tadellos; Material zeigt geringe Cohäsion.
„	„	„	Okerfläche glatt, tadellos; Material zeigt geringe Cohäsion.
„	„	„	
fein anrissig	Sp. v. Anrissen	„	
bestanden	bestanden	„	
„	„	„	
fein netzrissig	„	„	
bestanden	„	„	
„	„	„	
anrissig	Sp. v. Netzrissen	zweifelhaft	Zahlreiche Schuppen und Warzen.
bestanden	bestanden	bestanden	
anrissig	„	„	
bestanden	„	„	
„	—	„	
„	—	geworfen	Kuchen stark schwindrissig.
anrissig	bestanden	bestanden	Kuchen schwindrissig.
bestanden	„	„	
„	„	„	
—	—	„	
bestanden	bestanden	„	
„	„	„	
total rissig	**netzrissig**	**nicht bestanden**	Kantenrissig; zahlr. Ausblühungen, Schuppen.
Sp. v. Anrissen	intakt	bestanden	
„	„	„	Zeigt einzelne Schuppen.
—	„	„	„ „ „
bestanden	„	„	„ „ „
„	„	„	„ „ „
rissig	„	„	„ „ „
„	„	„	„ „ „
—	—	**nicht bestanden**	Nach 24 St. Luftlagerung mürbe, stark netzrissig.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	

chreitenden Löschprozesses v. körnigen Kalkeinsprenglingen, Abschuppungen u. Absprengungen zeigten, erscheinen rünlich gefärbten Cementmasse. Beschädigungen irgend welcher Art liegen nicht vor.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs. Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
71	1891	IV	2	2,65	7,15	1,1	22	–	25,0	247,0	bestanden	Warzen und Ausblühungen
72	„	„	2	2,66	8,23	1,1	24	–	23,6	225,9	„	„
73	„	„	8	2,70	7,65	1,0	9	30	25,0	230,1	„	bestanden
74	„	„	11	2,61	8,37	1,6	14	30	25,0	241,8	„	Warzen und Ausblühungen
75	„	„	13	2,64	7,17	1,2	20	–	28,8	212,1	„	bestanden
76	„	„	14	2,65	8,80	1,0	16	–	24,1	246,9	„	„
77	„	„	15	2,64	7,52	0,4	12	–	22,2	208,7	„	**Warzen und Ausblühungen**
78	„	„	18	2,65	7,98	1,0	—		—	—	**nicht bestanden**	—
79	„	„	20	2,77	5,16	Sp.	16	–	25,8	238,5	bestanden	bestanden
80	„	„	24	2,73	8,61	0,6	20	–	25,8	247,6	„	Warzen und Ausblühungen
81	„	VIII	3	2,66	7,80	3,8	24	–	27,9	259,8	„	„
82	„	„	10	2,66	7,97	2,4	17	–	28,3	265,0	„	„
83	„	„	13	2,67	8,02	3,1	20	–	25,8	254,3	„	bestanden
84	„	IX	9	2,64	8,17	2,2	12	–	26,0	246,6	„	„
85	„	„	9	2,61	8,35	4,0	18	–	24,1	203,8	„	„
86	„	X	30	2,61	6,87	5,3	18	–	30,4	264,5	„	„
87	„	XII	2	2,62	6,73	2,5	7	15	23,9	205,4	„	„
88	1892	III	18	2,61	6,63	0,0	16	–	19,5	164,5	**netzrissig**	**fein netzrissig**
89	„	„	29	2,66	6,22	0,0	5	–	21,5	232,9	—	bestanden
90	„	IV	8	2,67	5,36	0,0	7	–	27,9	331,5	bestanden	„
91	„	„	23	2,71	6,84	3,2	30	–	18,8	184,3	„	„
92	„	„	23	2,70	7,32	1,0	30	–	21,4	211,6	„	„
93	„	V	21	2,65	8,62	0,8	15	–	24,0	320,1	„	„
94	„	VII	6	2,90	3,86	0,1	30	–	29,0	296,4	„	„
95	„	„	8	2,67	7,35	0,1	11	–	25,4	321,9	„	„
96	„	VIII	18	2,63	8,54	Sp.	16	–	23,5	259,5	„	„
97	„	X	1	2,67	5,12	0,4	32	–	22,8	172,6	„	„
98	„	„	4	2,65	7,64	0,2	20	–	22,3	214,9	„	„
99	„	„	18	?	7,60	0,4	17	–	26,9	245,5	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe, Luftlagerung	Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	Zeigt einzelne Schuppen.
„	„	„	
„	„	„	
fein anrissig	**netzrissig, Material fest**	**zweifelhaft**	Kuchen intakt.
—	—	**nicht bestanden**	Innerhalb 24 Stunden Feuchtlagerung stark netzrissig, mürbe geworden.
bestanden	bestanden	bestanden	
schwach rissig	„	„	Zeigt ziemlich zahlreiche Schuppen.
bestanden	„	„	„ „ „ „
rissig	„	„	Zeigt einzelne Schuppen.
bestanden	„	„	
„	„	„	
fein anrissig	„	„	Zeigt einzelne Schuppen.
bestanden	„	„	
schwach rissig	**geadert, dumpfer Klang**	**zweifelhaft**	Bedeckt mit sehr zahlreichen Warzen und Schuppen; rissfrei.
stark rissig	**stark netzrissig**	**nicht bestanden**	Bedeckt mit sehr zahlreichen Warzen und Schuppen; Ränder rissig.
bestanden	bestanden	bestanden	Kuchen sind schwindrissig.
schwach netzrissig	„	„	
„	„	„	
bestanden	„	„	Beide Cemente zeigen einzelne Warzen.
„	„	„	
„	„	„	Platten sind schwindrissig.
netzrissig	„	„	
„	„	„	
bestanden	„	„	
„	„	„	
„	„	„	

Durch vorstehende Zusammenstellung ist der Beweis für die Existenz »*treibender*« Schlackencemente erbracht. Unser Versuchsmaterial weist nicht allein solche Schlackencemente auf, die bei ausschliesslicher Luftlagerung der Probekörper oft erst nach längerer Zeit rissig werden, sondern auch solche, die innerhalb der ersten 24-stündigen Erhärtungsdauer in feuchter Luft zerfallen. Das treibende Agens ist hier der körnige, wahrscheinlich überbrannte, für alle Fälle nicht genügend ausgelagerte Kalk, welcher sich bekanntlich eine Zeit lang gegen Einwirkungen des Wassers indifferent verhällt, um sodann das Zerstörungswerk der erhärtenden Masse zu beginnen. Da hier alles auf die Menge, den Feinheitsgrad und den Grad der Unempfindlichkeit der Kalkkörner ankommt, so ist es klar, dass Schlackencemente ohne Sandzusatz verarbeitet alle möglichen Arten von Treiberscheinungen zeigen können. Neben eigentlichen *Wassertreibern,* die also unter Wasser wie an der Luft treiben, sind wir auch *Lufttreibern,* also Cementen begegnet, die im Wasser stehen, an der Luft oberflächlich schuppige Ablösungen, Warzenbildungen, Ausblühungen zeigen, die unter Umständen durch Kanten- oder Randrissigkeit ihren ursprünglichen Zusammenhang teilweise verloren haben. Die Kuchenproben-Luftlagerung dieser Cemente zeigen oft Spuren von Werfen und eine unregelmässige Rissigkeit der Plattenränder, die ähnlich ist derjenigen, welche das Luftzerfallen der Portlandcemente, einleitet. Ein Zerfallen der Kuchen in körniges Mehl nach Art fehlerhafter Portlandcemente konnte bisher nicht beobachtet werden. Aus Gründen ihrer physikalischen Konstitution ist das Verhalten der Schlackencemente vom lufttreibenden Portlandcement verschieden. Ein an sich treibender Portlandcement wird sowohl im Fein- als Grobmörtel seine treibende, zunächst die Festigkeit abschwächende Wirkung ausüben. Bei Schlackencementen fallen nur die locker, in der Masse eingebetteten Ätzkalkkörner in Betracht, deren Löschprodukte, in die Sandhohlräume hineinwachsend, blos dann schädliche Spannungen erzeugen können, wenn diese überfüllt werden. Folgende Beispiele bestätigen das Gesagte:

Ein am 15. Oktober 1888 seitens der Direktion der Gas- und Wasserwerke der Stadt Basel zur Prüfung eingereichter Schlackencement erwies sich als ausgesprochener Lufttreiber.

Der Normenmörtel 1:3 zeigt dagegen an der Luft wie unter Wasser völlig normales Verhalten.

Am 17. März 1891 lieferte das Stadtbauamt Zürich einen Schlackencement zur Probe, welches derart trieb, dass sämtliche Probekörper der Volumenbeständigkeitsversuche schon während der ersten 24-stündigen Feuchtlagerung schadhaft wurden. Die Kuchen waren geworfen, schwach kanten- und netzrissig; in den beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben sind die Körper total zu Grunde gegangen. Normengemäss verarbeitet gab dieser Cement, 1:3 Wasserlagerung:

	nach 7 Tagen;	nach 28 Tagen
eine Zugfestigkeit,	16,0 *kg.* pro cm^2	23,4 *kg.* pro cm^2
» Druckfestigkeit,	131,4 » » »	225,3 » » »

Das nämliche Stadtbauamt lieferte am 18. April gl. J. abermals einen prachtvollen Treiber zur Probe. Die Volumenbeständigkeitsproben dieses Materials waren nach der ersten 24 stündigen Feuchtlagerung total netzrissig, mürbe; sie zerfielen beim Anfassen, vgl. Fig. 1 und 2 auf Taf. VI, wo einige dieser Kuchen abgebildet sind. Die Hohlräume des Normenmörtels genügten zur Aufnahme der Löschprodukte der zahlreichen Ätzkörner dieses Materials nicht; die erzeugten Probekörper der Normenfestigkeit wurden ebenfalls treibrissig.

Missverständnissen vorzubeugen sei gestattet schon an dieser Stelle einzuflechten, dass das tadellose Verhalten eines Schlackencementes in den scharfen, beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben zu einem Schlusse auf dessen Verwendbarkeit zu Ausführungen mit ausschliesslicher Luftlagerung, wie dies bei Portlandcementen zulässig ist, nicht berechtigt. Der Eigenschaft der Volumenbeständigkeit eines Schlackencementes ist nicht unbedingt auch ein ausreichendes Mass von Cohaerenz, Kraftentfaltung und eine entsprechend geringe Tendenz zur Schwindrissigkeit beigesellt.

Bezüglich der Volumenbeständigkeitsverhältnisse der Schlackencemente geht aus der vorliegenden tabellarischen Zusammenstellung hervor, dass:

1. *Unter den 99 in den Jahren 1886 bis ausschliesslich 1893 im eidg. Festigkeitsinstitute untersuchten Schlackencementen sich 2 befinden, die während der ersten Phase der Lufterhärtung,*

also innerhalb der ersten 24 Stunden Feuchtlagerung rissig wurden bzw. zerfallen sind.

2. *Unter den übrigen Schlackencementsorten befinden sich 2 Wassertreiber.*

3. *Ungeachtet des Umstandes, dass unsere sämtlichen Volumenbeständigkeitsproben in angenähert gleicher Konsistenz, die plattenförmigen in einer Dicke von ca. 1,0 cm und ohne dünnauslaufende Ränder gearbeitet waren, vor dem Aussetzen an die Luft stets 24 Stunden lang in feucht gehaltenem Schranke bewahrt wurden; — ungeachtet des Umstandes, dass die Luftlagerung der Probekörper an gleichem Orte erfolgte, ist ihr Verhalten kein gleichartiges. Bei Schlackencementen sind nachträglich, oft erst nach Jahresfrist mit Ausblühungen, schuppenförmigen Ablösungen begleitete Rissbildungen* (vorwiegend längs der Kuchenränder) *aufgetreten, während bei andern Cementsorten dieser Art der Zustand der Kuchenproben-Luftlagerung ein zweifelhafter ist.*

4. *In Übereinstimmung mit dem unter 2 angeführten Befunde haben sowohl die an der Luft rissig gewordenen als auch die zweifelhaften Schlackencemente die gleichzeitigen Kuchenproben-Wasserlagerung tadellos bestanden.*

5. *Das Verhalten der an der Luft zweifelhaften, sowie der in jeder Hinsicht tadellosen Schlackencemente in den beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben ist ein verschiedenartiges.*

6. *In jeder Hinsicht tadellose Schlackencemente bestehen die 6-stündige Kochprobe (sowie die ziemlich gleichwertige Dampfdarrprobe) vollkommen.*

7. *An der Luft zweifelhafte Schlackencemente zeigen in der Kochprobe »Aderungen«, Netzrisse mit Kalkausscheidungen, seltener an der Oberfläche zerstreut liegende, weisslich gefärbte Kalkwärzchen.* In der Kochprobe mürbe, zerreiblich werdende oder zerfallende Schlackencemente sind uns bisher nicht begegnet.

8. *An der Luft zweifelhafte Schlackencemente bestehen die Darr- und Glühproben häufig guten Cementen ähnlich; die äussern Erscheinungen gestatten somit keine sichere Schlussfolgerung und Kennzeichnung des Materials.*

d. Resultate der Volumenbeständigkeitsproben mit Portlandcementen.

Ergebnisse der Revision der Probekörper vom Januar 1894.

Die Eintragungen der Beobachtungen bezüglich der Cemente No. 1 bis 100 beziehen sich vorwiegend auf die Revision vom Jahre 1889, indem nach 3-jähriger Erhärtungsdauer alle tadellosen, ausser Zweifel fallenden, unverändert gebliebenen Luft- und Wasserproben ausrangiert wurden.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
1	1886	III	10	3,05	3,07	30,3	8	–	34,0	233,9	fehlt	bestanden
2	„	„	27	3,09	2,91	27,2	17	–	25,8	184,5	bestanden	„
3	„	„	27	3,10	3,62	22,0	15	–	28,9	189,7	„	„
4	„	„	30	3,06	3,62	39,1	23	–	17,5	121,9	„	„
5	„	IV	8	3,07	3,80	40,0	23–24		14,9	121,4	„	„
6	„	„	9	3,11	2,63	25,7	8	–	25,1	161,2	„	„
7	„	„	16	3,11	2,88	22,9	14	–	27,4	200,5	„	„
8	„	„	18	3,01	4,37	41,5	21–22		20,7	144,4	„	fein anrissig
9	„	„	19	3,07	2,92	26,7	14	–	26,5	229,8	**bestanden**	**gänzlich mürbe**
10	„	„	24	3,13	2,63	31,0	12	–	28,0	183,6	„	bestanden
11	„	„	27	3,12	2,83	24,7	15	–	23,5	159,6	„	„
12	„	„	30	3,05	4,30	23,9	9	–	22,6	108,2	„	„
13	„	V	8	3,09	2,96	31,5	23–24		28,7	188,9	„	„
14	„	„	10	3,10	2,87	25,9	23–24		23,6	141,6	„	„
15	„	„	27	3,11	2,30	22,3	6	30	25,8	165,3	„	„
16	„	VI	2	3,10	2,80	28,8	10	–	24,8	127,6	„	„
17	„	„	5	3,11	2,51	35,6	12	–	22,6	152,6	„	„
18	„	„	18	3,10	2,49	35,6	8	30	21,0	111,5	„	„
19	„	VII	20	3,10	2,85	37,0	9	30	14,0	70,9	„	„
20	„	„	26	2,88	9,78	20,8	24	–	14,5	70,9	„	„
21	„	VIII	6	3,09	2,75	26,3	c. 1	45	20,6	123,5	„	„
22	„	IX	4	3,05	4,08	27,6	c. 5		22,9	137,5	„	„
23	„	XII	4	3,03	6,27	5,8	28	–	36,5	296,9	„	„
24	„	„	4	3,05	6,89	18,3	30	–	25,1	148,4	„	„
25	„	„	6	3,09	1,42	28,3	16–17		25,5	154,3	„	„
26	„	„	20	3,04	2,80	37,0	27–28		22,0	137,2	„	„
27	„	„	27	3,10	2,18	25,0	12	–	26,3	190,5	„	„
28	1887	I	„	3,05	3,60	39,0	22	–	16,9	119,4	„	**geworfen, rissig**
29	„	„	„	3,04	4,60	19,4	20	–	29,9	227,8	„	**rissig**
30	„	„	„	3,09	1,80	26,4	3	–	21,8	127,8	„	bestanden
31	„	II	8	3,06	3,88	18,3	18	–	26,7	206,6	„	„
32	„	III	9	3,10	2,19	27,0	1	–	19,8	145,6	„	„
33	„	„	9	3,12	1,80	19,5	1	–	26,8	215,6	„	„
34	„	„	9	3,11	1,79	26,0	9	–	22,4	162,1	„	„
35	„	V	8	—	—	—	—		—	—	„	„
36	„	„	8	—	—	—	—		—	—	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
bestanden	bestanden	fehlt	Probekörper sind nach ca. 2-jähriger Luft- und Wasserlagerung intakt ausrangiert worden.
„	„	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
rissig	„ (?)	fehlt	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kanten rissig, mürbe, leicht zerbrechlich.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	haarrissig	
„	„	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	Angeblich natürlicher Portland.
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	Magnesiacement (B) MgO = 8,35 %.
„	„	„	„ (A) MgO = 17,28 %.
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
—	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kanten mürbe, anrissig, zerreiblich.
rissig	**weich, zerreiblich**	**nicht bestanden**	Kanten schwach mürbe, zerreiblich.
bestanden	bestanden	bestanden	Vereinzelte Warzen.
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
37	1887	V	21	—	—	—	—		—	—	bestanden	bestanden
38	„	VI	16	—	—	—	—		—	—	„	„
39	„	VII	9	3,02	4,03	27,8	11	–	17,6	141,7	**bestanden**	**geworfen, rissig**
40	„	„	29	3,03	4,26	32,5	12	–	19,0	134,6	„	„ „
41	„	VIII	8	3,07	2,55	35,0	3	–	15,1	95,8	„	bestanden
42	„	„	12	3,11	3,00	20,9	18–20		31,0	213,1	„	„
43	„	„	12	3,14	2,30	29,0	17	–	24,6	183,7	„	„
44	„	„	20	—	—	—	—		—	—	„	„
45	„	„	23	—	—	—	—		—	—	„	**rissig, mürbe**
46	„	IX	8	2,87	9,30	26,0	12–13		13,6	93,2	„	bestanden
47	„	„	12	3,05	3,07	16,6	2	30	24,3	158,7	„	„
48	„	X	4	2,98	4,53	20,7	18	–	29,3	170,4	„	mürbe
49	„	„	6	2,83	8,96	25,6	12	–	8,0	50,5	„	bestanden
50	„	„	17	3,06	2,55	21,4	6	25	32,3	233,7	„	„
51	„	„	24	3,08	1,94	23,5	16	–	29,0	230,6	„	„
52	„	XI	2	3,11	1,24	26,7	15	–	30,6	211,2	„	„
53	„	„	9	3,09	1,34	22,3	17–18		25,0	188,2	„	**geworfen, rissig**
54	„	„	10	3,11	1,91	23,8	20	–	31,8	204,1	„	bestanden
55	„	„	23	3,00	6,09	26,0	12–13		28,6	201,0	„	„
56	„	XII	11	—	—	—	—		31,7	—	fehlt	nicht ausgeführt
57	„	„	14	—	—	—	—		—	—	**bestanden**	**mürbe, rissig**
58	„	„	14	—	—	—	—		—	—	„	bestanden
59	„	„	30	3,09	2,97	20,5	5	30	28,4	178,3	„	„
60	„	„	30	3,04	2,45	20,5	19	–	26,4	193,3	„	„
61	1888	I	9	3,11	2,65	27,4	25	–	24,6	184,7	„	leicht geworfen
62	„	II	7	3,12	0,85	34,0	27	–	24,5	214,3	„	bestanden
63	„	„	21	3,09	2,72	26,0	13	–	29,8	225,6	„	„
64	„	„	22	3,09	2,98	22,8	10	–	26,7	235,0	„	„
65	„	„	25	3,02	4,76	38,8	23	–	19,2	144,3	„	„
66	„	III	9	3,07	1,97	19,25	1	–	22,1	182,6	„	**anrissig**
67	„	„	9	3,08	3,14	30,7	22	–	24,9	212,5	„	bestanden
68	„	„	17	3,02	3,90	28,6	15	–	17,5	121,3	„	„
69	„	„	19	3,00	5,41	35,8	8	–	13,2	69,9	„	„
70	„	„	21	3,11	2,42	36,5	24	–	21,5	137,9	„	„
71	„	IV	9	3,04	6,32	21,6	12	–	25,7	198,4	„	„
72	„	„	28	3,08	3,15	31,7	11	–	27,3	219,2	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	Zeigt vereinzelte Warzen.
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Probekörper rissig, mürbe, zerfallen.
„	„	„	„ „ „ „
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kanten mürbe, weich, zerreiblich.
bestanden	bestanden	bestanden	Ciment-grappier; gefärbte Ware.
„	„	„	Zeigt vereinzelte Warzen.
(?)	mürbe, rissig	zweifelhaft	Oberfläche stark warzig, Kanten derzeit noch fest.
bestanden	bestanden	bestanden	Ciment-grappier; gefärbte Ware.
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	Glatt, zeigt vereinzelte Warzen.
rissig	**mürbe, rissig**	**nicht bestanden**	Allmälig zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	Glatt, zeigt vereinzelte Warzen.
„	„	„	
„	„	fehlt	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Probe allmälig total zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden*)	Material fest.
„	„	„	
„	„	„	Vereinzelte Warzen und Schuppen.
„	rissig	fast bestanden	Proben schwach warzig. Kanten ziemlich fest.
„	bestanden	bestanden	
„	„	„	Vereinzelte Warzen mit Schuppen.
„	„	„	Mit kleinen Wärzchen bedeckt.
„	„	„	Zeigt vereinzelte Warzen.
fast bestanden	**fast bestanden**	**nicht bestanden**	Oberflächlich warzig, rissig, Kanten mürbe, zerreiblich.
bestanden	„	bestanden	Kuchen schwach warzig.
„	bestanden	„	Zeigt vereinzelte, kleine Warzen.
„	„	„	Vereinzelte Warzen.
„	„	„	Zeigt zahlreiche, kleine Warzen.
„	„	„	Zeigt kleine, vereinzelte Warzen.
„	„	„	„ „ „ „

*) Oberfläche rauh, narbig, stellenweise schuppig mit weissen Körnchen.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
73	1888	V	22	3,09	2,97	26,4	16	–	28,7	211,9	bestanden	bestanden
74	„	„	25	3,02	4,06	34,2	15	–	14,9	88,6	„	„
75	„	VI	3	3,08	3,05	28,6	15	–	28,9	290,3	„	„
76	„	„	10	—	—	20,9	11	–	19,0	152,7	„	„
77	„	„	14	3,06	3,09	30,3	7	25	23,7	217,5	„	„
78	„	„	20	3,08	3,11	27,4	6	–	23,3	205,6	„	„
79	„	VII	16	—	—	—	—		—	—	fehlt	**geworfen, kantenrissig**
80	„	„	19	3,07	3,43	27,4	19–20		27,6	218,1	bestanden	bestanden
81	„	„	20	3,10	2,24	42,4	11	–	16,7	108,7	„	„
82	„	„	21	3,03	3,70	34,0	13	–	18,6	158,2	„	„
83	„	„	21	3,09	1,95	28,2	12	–	22,1	192,1	„	„
84	„	„	22	3,09	3,02	28,5	8	–	24,2	193,4	„	„
85	„	„	23	—	—	27,0	17–18		24,1	255,3	**schwach geworfen**	**mürbe, rissig**
86	„	VIII	8	3,02	3,95	32,6	15	–	24,8	227,1	bestanden	bestanden
87	„	„	11	3,06	3,71	29,7	17	30	24,8	206,6	„	„
88	„	„	20	3,02	4,21	26,8	17	–	24,8	203,4	„	„
89	„	„	23	3,09	2,81	42,0	24	–	17,1	161,3	**bestanden**	**geworfen, kantenrissig**
90	„	„	28	3,08	3,29	37,8	24–25		20,3	194,4	„	geworfen, rissig
91	„	IX	3	3,10	2,63	24,5	24	–	21,4	230,8	**bestanden**	**mürbe, fein anrissig**
92	„	„	11	3,07	4,18	23,2	7	–	22,0	181,5	„	bestanden
93	„	„	15	3,00	6,03	16,0	18	–	27,0	260,9	„	„
94	„	„	19	3,05	3,41	22,2	5–6		26,6	242,0	„	„
95	„	„	19	3,05	3,67	18,7	5–6		25,5	267,9	„	„
96	„	„	22	3,03	3,23	31,6	19	–	15,6	120,0	„	fast bestanden
97	„	X	1	3,06	3,41	29,5	20	–	25,0	226,3	„	bestanden
98	„	„	17	—	—	—	—		—	—	„	„
99	„	„	24	3,05	3,05	35,0	2	–	23,1	190,0	„	„
100	„	„	24	3,07	3,22	36,5	2	–	22,8	191,1	„	„
101	„	„	25	3,04	3,15	35,0	17	–	19,2	146,0	„	Netz feiner Risse
102	„	„	31	—	—	—	—		—	—	„	bestanden
103	„	XI	5	3,09	3,02	25,6	17	–	25,1	213,6	„	„
104	„	„	8	3,07	3,19	20,5	8	–	25,3	213,5	„	„
105	„	„	28	3,04	3,97	45,0	24	–	16,9	143,4	„	„
106	„	„	28	3,03	4,73	40,0	24	–	19,1	156,5	„	„
107	„	XII	5	3,07	2,54	25,0	24	–	13,3	154,5	**bestanden**	**kantenrissig**
108	„	„	10	2,96	7,47	21,8	21	–	20,2	155,0	„	bestanden

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe, Luftlagerung	zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
bestanden	bestanden	bestanden	Zeigt kleine, vereinzelte Warzen.
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	Zeigt kleine, vereinzelte Warzen.
„	„	„	Zeigt kleine, vereinzelte Ausblühungen.
„	„	„	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	(Frischer Cement.) Allmälig zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	Glatt, zeigt vereinzelte Wärzchen.
„	„	„	„ „ „ „
„	„	„	Glatt, zeigt einzelne Warzen u. Ausblühungen.
„	„	„	
rissig	**mürbe, rissig**	**nicht bestanden**	Oberfläche warzig, Kanten mürbe, zerreiblich.
bestanden	bestanden	bestanden	Glatt, zeigt einzelne Ausblühungen.
„	„	„	Zeigt ganz kleine Ausblühungen und einzelne Wärzchen.
„	„	„	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Bedeckt mit zahlreichen Wärzchen; Kanten mürbe, zerreiblich.
„	mürbe, rissig	zweifelhaft	Oberflächen stark warzig, zeigt Ausblühungen; Kanten mürbe.
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Oberfläche zeigt kleine Warzen; Kanten mürbe.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	Glatt, zeigt Spuren von Ausblühungen.
„	„	„	
„	„	„	
„	fein anrissig	„	Oberfläche warzig, bedeckt mit kleinen Ausblühungen; Kanten fest.
„	bestanden	„	
„	„	„	Glatt, zeigt vereinzelte Warzen u. Ausblühungen.
„	„	„	
„	„	„	
fast bestanden	Netz feiner Risse	zweifelhaft	Oberflächen warzig; Kanten derzeit noch fest.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
fast bestanden	fein netzrissig	„	Glatt, zeigt geringfüg. vereinzelte Ausblühungen.
bestanden	bestanden	„	
„	„	„	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Probekörper gänzlich zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
109	1888	XII	20	3,07	3,36	41,5	20	–	19,3	171,0	bestanden	bestanden
110	1889	I	11	3,04	3,89	39,0	19	–	15,8	188,6	**bestanden**	**mürbe, netzrissig**
111	„	„	11	3,07	2,69	41,0	17	–	15,9	166,7	**bestanden**	**mürbe, netzrissig**
112	„	„	11	3,05	3,03	39,0	19	–	13,4	152,3	**schwach geworf.**	**mürbe, netzrissig**
113	„	„	14	3,07	2,79	22,8	20	–	12,9	141,8	**bestanden*)**	**mürbe, rissig**
114	„	„	16	3,03	2,82	40,0	—		—	—	**bestanden*)**	**mürbe, netzrissig**
115	„	II	20	3,02	3,39	14,7	24	–	14,8	?	**bestanden**	**geworfen, kantenrissig**
116	„	„	20	3,04	3,69	36,4	18	–	18,8	173,4	**bestanden**	**geworfen, kantenrissig**
117	„	„	23	2,99	5,73	16,1	8	–	17,7	156,0	„	bestanden
118	„	„	25	3,06	3,76	30,4	20	–	19,7	153,7	„	„
119	„	„	28	3,08	3,47	31,9	16	–	22,8	211,3	„	geworfen, rissig
120	„	„	28	3,04	3,16	35,2	22	–	16,5	137,1	„	anrissig
121	„	III	4	3,09	2,10	24,3	22	–	28,0	287,0	„	bestanden
122	„	„	4	3,14	1,01	23,0	10–11		21,7	236,1	„	„
123	„	„	27	3,07	2,85	20,7	12	–	22,7	205,9	„	„
124	„	„	28	3,11	2,04	40,5	18	–	19,5	198,8	**bestanden**	**mürbe, rissig**
125	„	IV	2	3,11	3,13	18,4	22	–	26,9	246,1	„	bestanden
126	„	„	3	3,05	3,70	24,2	24	–	25,1	207,8	„	„
127	„	„	4	3,01	6,06	6,2	22	–	27,3	328,4	„	„
128	„	„	4	3,07	3,31	20,3	22	–	21,2	235,1	**bestanden**	**mürbe**
129	„	„	5	3,09	3,33	35,0	20	–	23,8	207,6	**bestanden**	**mürbe, rissig**
130	„	„	6	3,02	3,88	41,5	13	–	13,4	131,5	**bestanden**	**mürbe, rissig**
131	„	„	15	3,05	3,47	7,8	30	–	28,3	304,1	„	fast bestanden
132	„	„	15	3,05	4,24	17,9	27	–	30,0	340,3	„	„
133	„	V	6	3,07	2,81	23,4	18	–	26,2	228,3	„	bestanden
134	„	„	8	3,08	2,33	36,0	18	–	19,2	170,3	„	„ (?)
135	„	„	8	3,08	2,27	37,4	17	–	18,5	167,0	**bestanden**	**mürbe, netzrissig**
136	„	„	8	3,04	6,06	37,0	13–14		23,3	187,0	**bestanden**	**bestanden**
137	„	„	9	3,07	2,53	28,0	18–19		18,5	166,9	„	fast bestanden
138	„	„	14	3,08	2,62	33,0	16	–	—	—	**bestanden**	**bestanden**
139	„	„	28	3,13	1,99	20,0	—		—	—	„	„
140	„	VI	5	3,02	3,62	33,5	16	–	18,3	155,3	„	„
141	„	„	25	3,02	3,82	29,9	16	–	23,8	208,6	„	„
142	„	VII	16	3,06	2,23	39,0	16	–	13,9	136,4	„	„
143	„	„	20	3,05	3,94	28,8	19	–	24,2	220,8	„	„
144	„	„	23	3,05	3,68	30,0	17	–	22,4	206,0	„	„

*) Wasserprobe zeigt Spuren von weisslichen, kleinen, warzenartigen Erhöhungen.

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	
bestanden	bestanden	bestanden	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Allmälig total zerfallen.
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	
anrissig	**mürbe, zerbröckelt**	**nicht bestanden**	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
feinrissig	rissig, mürbe	zweifelhaft	
„	„ „	„	
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
feinrissig	**mürbe**	**nicht bestanden**	Zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	schwach mürbe	„	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Seit 1891 allmälig zerfallen.
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	
bestanden	Kalkausscheidg., fest	bestanden	
„	„	„	
„	bestanden	„	
fast bestanden	**mürbe, netzrissig**	**nicht bestanden**	Seit 1891 allmälig zerfallen.
fast bestanden	**mürbe, netzrissig**	**nicht bestanden**	
bestanden	bestanden	bestanden	
fast bestanden	fast bestanden	„	
fast bestanden	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Seit 1891 allmälig zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	fehlt	
„	„	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	netzrissig, mürbe	„	Kochprobe war offenbar zu frisch.

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg,p,cm²	Druck kg,p,cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
145	1889	VIII	6	3,05	2,96	21,7	14	–	12,4	102,4	bestanden	bestanden
146	„	„	12	3,12	1,48	27,5	22	–	23,8	274,4	„	„
147	„	„	14	3,06	3,19	34,4	22	–	14,7	115,1	„	„
148	„	„	15	3,05	3,06	34,0	20	–	14,5	127,5	**bestanden**	**stark netzrissig, mürbe**
149	„	„	28	3,07	3,00	31,4	14	–	14,3	148,0	„	bestanden
150	„	IX	3	3,01	4,59	42,8	11	–	zerfallen		**nicht bestanden**	**zerfallen**
151	„	„	3	3,00	4,08	43,7	11	–	„		**nicht bestanden**	„
152	„	„	3	2,99	4,60	28,4	11	–	„		**nicht bestanden**	„
153	„	„	8	3,07	2,99	34,0	24	–	17,1	153,6	bestanden	mässig geworfen
154	„	„	12	3,03	4,08	36,5	29	–	12,9	124,5	**bestanden**	**netzrissig, geworfen**
155	„	„	18	3,08	2,63	19,0	21	–	17,3	165,6	„	bestanden
156	„	„	20	2,90	7,97	22,5	26	–	18,4	—	„	„
157	„	X	21	3,05	4,75	18,9	5	–	19,7	256,4	„	fast bestanden
158	„	XI	8	—	—	—	—		—	—	„	—
159	„	„	8	—	—	—	—		—	—	„	—
160	„	XII	18	2,99	4,52	29,0	27	–	17,5	165,4	„	Ausblüh., Spuren von Netzrissigkeit, Kanten mürbe, heller Klang
161	1890	II	14	3,08	3,88	21,9	12	–	—	—	**rissig**	**netzrissig**
162	„	III	5	3,02	3,86	25,8	8	–	11,2	104,6	bestanden	rissig, mürbe
163	„	„	25	3,09	5,59	26,5	24	–	25,7	247,3	„	bestanden
164	„	„	25	3,05	5,21	27,2	24	–	24,8	221,9	„	„
165	„	„	26	3,06	2,67	22,3	18	–	16,7	130,7	„	„
166	„	IV	5	3,09	3,47	22,6	19	–	17,7	146,1	„	„
167	„	„	12	3,04	3,05	14,2	18	–	23,0	210,3	„	„
168	„	„	28	3,02	3,76	16,0	18	–	18,6	154,9	„	„
169	„	V	3	3,04	3,08	21,0	20	–	29,5	268,1	„	„
170	„	„	8	3,07	2,93	31,2	17	–	20,1	161,5	„	„
171	„	„	9	3,06	4,30	22,6	14	30	22,7	181,1	„	„
172	„	„	10	3,05	3,01	20,4	11	–	19,5	151,3	„	„
173	„	„	23	3,07	2,52	13,7	12	–	21,4	213,5	„	„
174	„	„	28	3,12	3,03	37,4	20	–	12,2	82,1	„	„
175	„	VI	7	3,04	3,64	26,6	15	–	23,6	174,0	„	„
176	„	„	9	3,04	3,74	25,5	15	–	23,4	228,9	„	„
177	„	„	30	3,10	2,26	13,2	22	–	25,8	259,0	„	„
178	„	„	30	3,12	2,12	8,3	25	–	32,1	317,5	„	„
179	„	„	30	3,06	2,74	32,0	15	–	23,1	188,8	„	„
180	„	VII	5	3,08	2,56	28,0	16	30	16,8	181,6	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	schwach netzrissig, dumpfer Klang	„	Zeigt Ausblühungen und einzelne Warzen.
rissig, dumpfer Klang	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kanten anrissig, sandet ab, dumpfer Klang.
bestanden	bestanden	bestanden	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Allmälig total zerfallen.
„	„	**nicht bestanden**	„ „ „
„	„	**nicht bestanden**	„ „ „
fein anrissig	fein anrissig, ziemlich mürbe	zweifelhaft	Kuchen intakt, sandet ab.
fast bestanden	**mürbe, zerreiblich**	**nicht bestanden**	Allmälig zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
netzrissig, hart, heller Klang	netzrissig hart	zweifelhaft	Kuchen tragen zahlr. Warzen. Ausblühungen.
—	—	bestanden	
—	—	„	
Material hart	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen allmälig zerfallen.
klaffende Treibrisse	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen sind zerfallen.
„	„	Material fest	Pockennarbig, Warzen und Ausblühungen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
181	1890	VII	11	3,07	3,58	14,3	5	–	20,9	209,4	bestanden	bestanden
182	„	„	16	2,95	6,70	41,4	24	–	13,9	125,6	**bestanden**	**netzrissig, mürbe**
183	„	„	21	3,10	2,48	12,2	16	–	31,6	291,0	„	bestanden
184	„	„	24	3,08	3,17	4,9	2	45	26,7	262,7	„	„
185	„	VIII	2	3,12	2,78	7,3	8	30	28,0	257,3	„	„
186	„	„	9	3,04	2,85	19,0	9	–	21,7	200,5	„	„
187	„	„	11	3,03	3,54	38,8	12	–	15,7	119,1	„	„
188	„	IX	1	3,03	?	23,0	25	–	22,9	214,0	„	„
189	„	„	8	3,08	3,91	30,4	8	–	21,4	202,4	„	„
190	„	„	9	—	—	—	—		—	—	„	„
191	„	„	17	3,04	3,07	23,4	8	30	18,6	143,8	„	„
192	„	„	18	3,09	2,18	24,7	17	–	19,2	188,9	„	„
193	„	X	4	3,02	4,00	21,0	13	–	27,1	226,4	„	„
194	„	„	10	3,04	2,61	32,6	18	–	23,2	—	„	„
195	„	„	13	3,09	—	29,8	15	–	18,5	136,5	„	„
196	„	„	18	3,09	3,09	15,6	22	–	30,9	276,9	„	„
197	„	„	21	3,11	3,12	48,6	5	15	15,7	104,4	„	„
198	„	„	25	3,11	2,88	38,8	7	–	21,3	161,6	„	„
199	„	„	25	3,08	3,22	30,8	16	–	20,1	156,0	„	„
200	„	XI	3	3,02	4,73	17,6	16	–	26,2	294,3	„	„
201	„	„	15	—	—	—	—		—	—	„	„
202	„	„	18	3,12	1,43	18,2	19	–	32,8	354,9	„	„
203	„	„	20	3,03	2,71	24,6	15	–	16,3	—	„	„
204	„	„	20	3,06	1,83	21,6	11	–	18,5	—	„	„
205	„	„	21	3,08	3,01	36,5	12	–	20,7	—	„	„
206	„	„	21	3,12	1,73	39,5	25	–	20,8	—	„	„
207	„	„	21	3,06	3,13	24,6	15	–	24,1	239,6	**bestanden**	**netz- u. kantenrissig, mürbe**
208	„	„	21	3,02	5,23	31,0	18	–	7,9	116,9	**Treibrissig**	**netzrissig, mürbe**
209	„	XII	2	3,00	3,31	29,4	15	–	17,5	172,9	**bestanden**	netz- u. kantenrissig mürbe
210	„	„	3	?	2,56	20,6	10	–	19,5	196,3	bestanden	bestanden
211	„	„	3	3,05	2,41	20,6	2	45	14,2	118,5	„	Kanten mürbe
212	„	„	3	3,02	3,70	33,0	22	–	19,8	193,0	„	bestanden
213	„	„	6	3,02	4,43	32,5	17	–	7,7	109,4	**netz- und kantenrissig**	**netzrissig, mürbe**
214	„	„	17	2,97	7,48	27,0	25	–	13,5	—	bestanden	bestanden
215	„	„	17	3,05	2,65	32,0	24	–	18,3	154,1	„	„
216	„	„	22	3,05	2,01	29,8	2	12	24,4	245,9	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe, Luftlagerung	Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
bestanden	bestanden	bestanden	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen sind allmälig zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	fehlt	
„	„	bestanden	
„	fein netzrissig	zweifelhaft	Probe sandet schwach ab; Material fest.
„	bestanden	bestanden	
„	„	„	
rissig	**netzrissig, teilweise zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen beginnen zu zerfallen; sanden stark ab.
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen sind zerfallen.
anrissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	„ „ „
bestanden	bestanden	bestanden	
fein netzrissig	rissig	zweifelhaft	Material fest.
bestanden	bestanden	bestanden	
rissig	rissig	**nicht bestanden**	Kuchen sind allmälig zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
rissig	„	„	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
217	1890	XII	29	3,03	3,01	25,3	20	–	20,6	235,3	bestanden	Ausblühungen
218	1891	I	8	3,04	2,87	14,6	22	–	26,1	296,1	„	bestanden
219	„	„	15	3,08	3,14	28,7	19	–	21,4	191,9	fehlt	„
220	„	„	20	3,12	1,51	36,5	6	–	23,8	225,0	bestanden	netzrissig, mürbe
221	„	„	„	3,07	4,29	17,8	2	–	16,4	127,1	„	bestanden
222	„	„	„	3,08	3,09	16,5	1	25	16,7	122,5	„	„
223	„	„	„	3,10	2,24	33,5	10	–	23,4	217,9	„	„
224	„	„	„	3,10	1,70	23,8	19	–	18,2	162,2	„	„
225	„	„	22	—	—	—	—		—	—	—	—
226	„	„	31	—	—	—	—		—	—	—	—
227	„	II	2	3,15	1,44	33,6	10	–	19,8	215,3	**bestanden**	**netzrissig, mürbe**
228	„	„	6	3,14	2,20	27,4	24	–	34,1	313,5	„	bestanden
229	„	„	27	3,07	2,76	12,8	20	–	19,6	195,3	„	„
230	„	III	5	3,09	1,99	51,2	25	–	13,8	104,6	**bestanden**	**bestanden**
231	„	„	28	2,97	5,84	27,0	25	–	18,7	205,1	**bestanden**	**zerfallen**
232	„	IV	7	3,06	2,67	16,2	15	–	21,9	224,0	„	bestanden
233	„	„	16	3,05	2,72	28,6	7	–	28,5	263,9	„	„
234	„	„	17	3,12	2,13	35,4	21	–	23,9	—	„	„
235	„	„	24	3,10	2,61	14,8	12	30	25,3	290,4	„	„
236	„	„	27	3,06	1,83	23,9	18	–	29,9	269,5	„	„
237	„	„	29	3,07	2,41	27,0	17	30	23,0	243,5	„	„
238	„	„	30	3,04	2,55	26,2	17	30	21,0	227,0	„	„
239	„	V	2	3,02	2,25	26,0	17	30	23,1	244,5	„	„
240	„	„	12	2,90	6,70	29,4	24	–	18,6	177,4	„	fein netzrissig, Ausblühungen
241	„	„	13	3,12	2,61	24,4	20	–	26,8	272,3	„	bestanden
242	„	„	16	3,10	3,42	8,8	26	–	33,5	371,9	„	„
243	„	„	16	3,04	1,81	26,2	20	–	22,5	208,1	„	„
244	„	„	20	3,04	2,34	26,0	17	–	24,3	201,3	„	„
245	„	„	22	3,14	2,53	24,8	5	–	11,8	76,1	„	fein netzrissig, mürbe*
246	„	„	22	3,09	2,94	7,6	5	–	25,8	208,5	„	bestanden
247	„	„	22	3,13	2,31	21,5	8	30	25,1	204,5	„	„
248	„	„	23	3,06	2,64	22,8	12	–	26,1	237,4	„	„
249	„	„	29	3,03	3,63	27,5	4	45	23,0	191,8	„	„
250	„	VI	1	3,10	2,23	13,6	3	25	30,5	332,8	„	„
251	„	„	10	3,10	1,82	28,0	1	–	22,5	205,4	„	„
252	„	„	11	3,08	3,05	30,6	20	–	26,5	262,9	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	
schwach anrissig dumpfer Klang	netzrissig, mürbe	zweifelhaft	Material fest; Kuchen zeigen Ausblühungen.
—	—	bestanden	
bestanden	bestanden	fehlt	
anrissig	netzrissig, mürbe	zweifelhaft	Kanten brüchig; Material fest.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	fast bestanden	„	
—	—	—	
—	—	—	
rissig	**netzrissig, mürbe**	**nicht bestanden**	Kuchen zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
bestanden	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kanten mürbe; zerreiblich; dumpfer Klang.
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kanten brüchig; Kern fest; mässig heller Klang.
bestanden	bestanden	bestanden	
netzrissig, Material fest	netzrissig, Material fest	„	Zeigt Ausblühungen; Material hart.
bestanden	bestanden	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
rissig	netzrissig, mürbe	an der Grenze	Zahlreiche Ausblühungen; Kanten mässig fest.
bestanden	bestanden	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	*) Wahrscheinlich zu frisch geprüft.
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St. M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Norm.-Festigkeit Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
253	1891	VI	13	3,10	3,14	28,8	6 30	23,4	209,9	bestanden	bestanden
254	„	„	13	3,11	3,22	29,5	24 –	18,5	156,1	„	„
255	„	„	17	3,05	3,60	14,0	18 –	30,9	349,9	„	„
256	„	„	20	2,99	4,85	28,0	30 –	24,0	188,4	„	„
257	„	„	24	3,07	3,06	25,0	18 –	27,0	246,5	„	„
258	„	„	27	3,08	3,88	19,2	25 –	32,6	284,9	„	„
259	„	„	29	3,05	3,15	37,2	20 –	24,9	191,9	„	„
260	„	„	29	3,12	2,61	37,2	2 30	21,0	141,5	„	„
261	„	VII	3	3,06	3,66	24,4	23 –	29,6	256,6	„	„
262	„	„	4	3,08	3,36	17,0	22 –	31,0	294,3	„	„
263	„	„	13	3,06	3,34	24,5	18 –	33,0	270,1	„	„
264	„	„	16	2,96	5,62	31,0	18 –	10,0	124,0	**bestanden**	**kanten- u. netzrissig**
265	„	„	22	2,99	4,47	31,4	18 –	20,4	159,8	„	Ausblühungen
266	„	„	30	3,03	3,74	31,5	20 –	27,4	261,9	„	bestanden
267	„	„	30	3,04	2,44	16,2	20 –	32,4	296,5	„	„
268	„	„	31	3,04	3,77	40,0	19 –	26,9	210,6	„	„
269	„	VIII	5	3,07	2,92	32,5	10 –	17,8	155,8	„	„
270	„	„	8	3,03	4,53	12,5	12 –	28,5	255,5	„	„
271	„	„	13	3,10	3,17	29,9	22 –	21,8	187,9	„	„
272	„	„	13	3,05	2,99	18,0	17 –	28,0	274,4	„	„
273	„	„	19	3,07	4,88	32,0	12 –	17,9	156,9	„	„
274	„	„	20	3,08	3,00	30,5	24 –	19,8	180,9	„	„
275	„	„	26	2,90	7,44	29,2	18 –	—	—	**nicht bestanden**	**zerfallen**
276	„	„	31	2,98	5,41	20,0	17 –	25,4	238,4	bestanden	bestanden
277	„	„	31	3,10	1,92	31,0	15 –	23,3	210,8	„	„
278	„	„	31	3,07	3,14	31,0	7 30	20,3	180,3	„	„
279	„	IX	3	3,06	4,12	24,3	18 –	25,3	182,0	„	„
280	„	„	4	3,11	2,18	34,6	20 –	21,5	166,2	„	„
281	„	„	4	3,11	2,44	37,3	5 30	21,2	173,5	„	„
282	„	„	8	3,10	2,85	25,8	20 –	22,2	224,5	„	„
283	„	„	15	3,10	3,40	28,4	20 –	25,7	218,1	„	„
284	„	„	18	3,05	4,44	18,6	26 –	32,0	283,3	„	„
285	„	„	18	3,10	1,93	22,2	22 –	23,7	266,6	„	schwach kantenrissig
286	„	„	25	3,07	2,05	28,8	20 –	26,7	264,3	„	bestanden
287	„	„	28	3,03	2,78	19,9	22 –	23,0	184,5	„	„
288	„	X	1	3,05	2,74	8,6	18 –	21,3	193,3	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	fehlt	
„	„	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Zahlreiche Ausblühungen; Kanten mürbe.
schwach anrissig	netzrissig	an der Grenze	Zahlreiche Ausblühungen u. Warzenbildungen; Kanten mässig fest.
bestanden	bestanden	fehlt	
„	„	bestanden	
„	„	„	
„	schwach netzrissig	„	
„	bestanden	„	
„	„	„	
„	„	„	
schwach anrissig	netzrissig, mürbe	intakt, dumpfer Klang	Material zeigt zahlreiche Ausblühungen, sandet ab; Kanten brüchig.
bestanden	bestanden	bestanden	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Probe fehlt, wurde dem Auftraggeber zugesandt.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	fehlt	
„	„	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
rissig	netzrissig	zweifelhaft	Zahlreiche Ausblühungen; Kanten mässig fest; sandet ab.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
289	1891	X	3	2,88	8,03	15,4	26	–	23,0	215,9	bestanden	bestanden
290	„	„	3	3,01	4,46	27,8	19	–	23,3	186,1	„	„
291	„	„	7	3,03	3,65	21,0	16	–	10,5	90,6	**bestanden**	**netzrissig, mürbe**
292	„	„	8	2,95	5,01	21,7	32	–	18,0	167,5	„	bestanden
293	„	„	8	3,02	3,40	26,0	35	–	19,3	118,2	„	„
294	„	„	12	3,01	4,13	21,1	22	–	13,7	105,8	„	„
295	„	„	„	3,03	2,92	27,5	25	–	19,9	174,1	„	„
296	„	„	„	3,02	2,15	27,0	16	–	25,5	199,0	„	„
297	„	„	„	3,02	3,37	21,6	24	–	20,3	184,1	„	„
298	„	„	16	2,92	6,05	17,8	20	–	21,7	191,9	„	„
299	„	„	20	3,01	3,74	27,5	24	–	24,3	233,0	„	„
300	„	„	28	3,07	2,14	24,8	16	–	18,5	183,6	„	„
301	„	„	28	3,05	2,98	12,0	—		26,3	300,4	„	„
302	„	XI	4	2,95	4,84	18,4	26	–	25,7	233,5	„	„
303	„	„	10	3,05	2,40	20,0	12	–	22,8	265,0	„	„
304	„	„	10	2,99	2,06	26,0	18	–	17,1	174,4	„	„
305	„	„	20	2,99	2,06	19,8	14	–	22,9	259,9	„	rissig
306	„	„	25	3,07	1,31	13,5	14	–	23,1	272,5	„	rissig
307	„	„	30	2,97	3,46	17,7	12	–	22,1	206,4	„	bestanden
308	„	„	30	3,01	3,93	16,8	7	–	24,1	247,0	„	„
309	„	XII	2	3,02	2,46	31,7	28	–	28,0	255,7	„	„
310	„	„	3	3,03	2,53	34,8	18	30	19,7	183,1	„	„
311	„	„	14	2,93	5,66	18,1	17	–	22,7	175,5	„	„
312	„	„	16	2,93	5,33	25,3	10	–	18,7	165,9	**bestanden**	**bestanden**
313	„	„	19	2,96	5,37	24,6	26	–	14,3	108,7	„	„
314	„	„	22	3,07	2,18	24,5	25	–	23,3	268,7	„	„
315	„	„	24	3,04	2,40	8,3	8	30	29,8	349,6	„	„
316	„	„	26	3,09	1,33	11,0	6	–	25,2	271,1	„	„
317	1892	I	12	3,09	2,22	17,5	20	5	28,9	341,9	„	„
318	„	„	20	3,11	0,88	24,2	22	–	25,6	256,4	„	„
319	„	„	20	3,11	1,77	28,4	22	30	22,3	227,2	„	dumpf klingend
320	„	„	22	3,02	3,00	26,5	12	–	18,5	183,2	**bestanden**	**netz- und kantenrissig; mürbe**
321	„	„	23	3,12	1,64	14,3	7	30	27,7	272,1	„	bestanden
322	„	„	30	—	—	—	—		—	—	„	„
323	„	II	16	2,97	4,10	24,7	24	–	19,1	216,0	**bestanden**	**kantenrissig**
324	„	„	19	3,09	1,44	25,7	30	–	20,3	228,0	„	bestanden

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen sind inzwischen zerfallen.
bestanden	bestanden	fehlt	
„	„	bestanden	
„	„	„	
„	—	„	
„	bestanden	„	
„	—	„	
„	—	„	
„	—	fehlt	
„	—	bestanden	
„	—	„	
„	—	„	
„	—	„	
„	—	„	
fein netzrissig mürbe	—	zweifelhaft	Probe zeigt eine leichte Absandung.
„	—	„	Kanten brüchig; dumpfer Klang.
bestanden	—	bestanden	
„	bestanden	„	
„	„	„	Kanten ziemlich brüchig; dumpfer Klang.
„	„	„	
„	„	„	
fein netzrissig	**netzrissig**	**an der Grenze**	Kuchen sanden schwach ab.
bestanden	fein netzrissig; Material fest	bestanden	
„	bestanden	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	fehlt	
„	„	bestanden	
schwach rissig	schwach rissig	zweifelhaft	Kuchen sind derzeit noch fest.
stark rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kanten mürbe, zerreiblich; Kern noch fest.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
netzrissig	**netzrissig, mürbe**	**nicht bestanden**	Kuchen zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
325	1892	II	22	3,09	1,85	16,4	5	–	24,8	276,3	bestanden	bestanden
326	„	III	1	—	—	—	—		—	—	„	„
327	„	„	1	3,11	1,43	17,3	22	–	22,4	240,8	„	„
328	„	„	2	3,11	1,39	16,4	20	–	23,1	242,4	„	„
329	„	„	4	3,04	2,41	19,4	22	–	25,4	302,1	„	„
330	„	„	5	—	—	—	—		—	—	„	„
331	„	„	12	3,05	2,26	22,9	8	–	16,3	245,1	**bestanden**	**netzrissig**
332	„	„	18	3,06	1,40	25,6	29	–	14,0	131,8	„	bestanden
333	„	„	22	—	—	—	—		—	—	„	„
334	„	„	22	3,10	1,66	14,3	18	–	23,6	249,6	„	„
335	„	„	23	3,07	2,42	30,9	14	–	21,1	208,5	**bestanden**	**Spur von Kantenrissen**
336	„	„	24	3,10	1,57	17,7	22	–	25,4	265,8	„	bestanden
337	„	„	24	—	—	—	—		—	—	„	„
338	„	„	26	3,08	1,38	22,6	24	–	23,2	270,8	„	„
339	„	„	26	3,05	2,28	30,3	18	–	15,4	141,5	„	„
340	„	IV	6	3,09	1,27	26,8	18	–	17,0	255,9	**bestanden**	**netz- u. kantenrissig**
341	„	„	7	3,05	2,43	30,0	16	–	20,8	227,9	**bestanden**	**schwach netz- und kantenrissig**
342	„	„	8	3,07	1,11	16,0	22	–	29,9	374,0	„	bestanden
343	„	„	9	3,15	0,40	14,2	5	–	23,9	268,9	„	„
344	„	„	9	3,14	0,96	27,3	20	–	22,8	252,6	„	„
345	„	„	11	3,07	1,42	15,4	22	–	28,8	366,9	„	„
346	„	„	11	3,01	3,40	30,1	30	–	20,5	205,6	„	„
347	„	„	14	—	—	—	—		—	—	„	„
348	„	„	22	3,10	1,16	40,7	–	45	14,0	129,5	**bestanden**	**geworfen, dumpf klingend**
349	„	„	23	3,11	1,42	16,75	17	–	30,1	383,5	„	bestanden
350	„	„	23	3,12	1,57	25,1	23	–	26,9	315,1	„	„
351	„	„	23	3,11	1,57	22,0	27	–	23,0	263,5	„	„
352	„	„	27	3,08	2,00	23,1	30	–	17,2	156,8	„	„
353	„	„	27	3,11	0,90	12,3	9	–	24,6	303,0	„	„
354	„	„	29	2,99	5,86	28,3	40	–	17,9	163,3	„	„
355	„	V	12	3,06	2,61	13,9	16	–	23,1	243,1	„	„
356	„	„	13	3,10	1,62	32,6	27	–	21,2	231,6	„	„
357	„	„	13	3,09	1,67	14,5	24	–	30,4	373,1	„	„
358	„	„	14	3,00	4,71	42,8	6	–	15,6	159,3	**bestanden**	**netz- u. kantenrissig**
359	„	„	19	3,15	0,94	16,1	16	–	21,2	231,6	„	bestanden
360	„	„	19	3,15	0,98	17,4	5	–	24,2	297,0	fehlt	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe, Luftlagerung	
rissig, hart	bestanden	bestanden	
bestanden	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
stark rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
stark rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen beginnen zu zerfallen; Kanten mürbe, zerreiblich; Oberfläche sandet ab.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
stark rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen beginnen zu zerfallen; Kanten mürbe, zerreiblich.
schwach rissig	**netzrissig, zerfällt beim Anfassen**	**nicht bestanden**	Kuchen beginnen zu zerfallen; Kanten mürbe, zerreiblich.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
rissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen beginnen zu zerfallen; Kanten mürbe, zerreiblich.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
aurissig	**zerfallen**	**nicht bestanden**	Kuchen beginnen zu zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
361	1892	V	21	3,15	0,75	14,2	15	–	26,2	339,3	bestanden	bestanden
362	„	„	23	3,09	0,84	19,2	20	–	24,7	316,0	„	„
363	„	„	25	3,11	1,32	14,3	6	–	23,0	260,5	„	„
364	„	„	25	3,11	0,88	15,5	10	–	20,5	231,4	„	„
365	„	„	27	3,10	1,47	16,5	22	–	26,1	320,1	„	„
366	„	„	30	3,10	1,25	12,2	12	–	22,9	275,0	„	„
367	„	„	30	3,10	1,64	16,8	16	–	24,0	266,6	„	„
368	„	VI	1	3,07	3,19	19,7	17	–	17,3	184,5	„	geworfen
369	„	„	1	3,08	1,32	26,9	13	–	22,5	276,9	„	bestanden
370	„	„	2	3,10	1,37	20,2	16	–	22,5	230,3	„	„
371	„	„	7	3,06	3,32	20,4	14	–	18,0	186,8	„	ziemlich geworfen
372	„	„	9	3,14	1,11	32,17	2	30	17,4	164,1	„	bestanden
373	„	„	9	3,11	1,37	20,25	2	30	24,8	244,8	„	„
374	„	„	11	—	—	10,9	27	–	21,1	213,0	„	„
375	„	„	13	3,00	4,42	30,5	22	–	15,7	134,9	„	„
376	„	„	21	3,07	1,65	31,2	17	–	24,0	255,1	„	„
377	„	„	27	3,13	1,11	14,0	8	–	24,5	274,0	„	„
378	„	„	27	3,10	1,27	16,78	12	–	24,0	259,4	„	„
379	„	„	28	3,07	1,73	20,0	15	–	24,3	283,8	„	„
380	„	„	29	3,01	3,65	19,4	15	–	17,7	208,5	fehlt	„
381	„	VII	1	3,12	0,61	30,0	4	–	20,5	208,5	bestanden	„
382	„	„	1	2,92	6,48	1,9	24	–	21,8	224,0	„	„
383	„	„	11	3,11	1,49	22,1	16	–	21,6	210,5	„	„
384	„	„	11	3,07	1,41	32,0	18	–	15,9	157,3	„	„
385	„	„	18	3,12	0,86	10,9	10	–	26,9	272,1	„	„
386	„	„	19	3,12	1,24	11,0	15	–	24,4	273,6	„	„
387	„	„	20	3,08	2,64	26,6	24	–	17,2	158,8	„	„
388	„	VIII	1	3,08	2,13	24,0	8	–	21,2	228,5	„	„
389	„	„	10	3,05	2,23	16,5	12	–	26,2	305,9	„	„
390	„	„	17	3,06	2,07	29,8	14	2	15,8	159,0	„	schwach geworfen
391	„	„	18	3,13	1,77	17,9	18	–	29,9	350,6	„	bestanden
392	„	„	18	2,97	5,27	18,5	16	–	18,6	203,0	„	„
393	„	„	19	3,09	2,54	29,4	14	30	15,9	153,6	„	„
394	„	„	26	3,08	2,40	34,9	20	–	13,4	176,0	„	„
395	„	„	27	3,09	2,56	26,9	15	–	16,7	150,0	„	„
396	„	„	31	3,13	0,46	25,9	1	25	16,9	147,3	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	
bestanden	bestanden	bestanden	
rissig	fast bestanden	an der Grenze	Schwache Ausblühungen; Material fest.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
rissig	schwach netzrissig	zweifelhaft	Zahlreiche Ausblühungen; Masse fest.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
rissig	schwach netzrissig	an der Grenze	Zeigt zahlreiche Ausblühungen; Masse ziemlich fest.
bestanden	„ „	„	Zeigt zahlreiche Ausblühungen; Masse ziemlich fest.
„	bestanden	bestanden	Probe zeigt Spuren von Netzrissen.
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	fehlt	
„	„	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	schwach netzrissig	an der Grenze	Zweifelhaft; Material derzeit fest.
„	bestanden	bestanden	
„	„	„	
ganz schwach netzrissig	fast bestanden	an der Grenze	Wie oben.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	fast bestanden	„	
„	bestanden	„	
„	Spuren v. Netzrissen Material fest	„	
„	fast bestanden	„	

Lauf. No.	Datum des Einlaufs Jahr	Monat	Tag	Merkmale des Materials: Spez. Gewicht	Glühverlust %	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit St.	M.	Norm.-Festigkeit Zug kg.p.cm²	Druck kg.p.cm²	Verhalten der Probe: Normenprobe Wasserlagerung	Darrprobe
397	1892	IX	16	3,07	2,43	28,8	24	–	17,8	171,6	bestanden	bestanden
398	„	„	20	3,12	0,99	26,9	4	30	24,2	233,6	„	„
399	„	„	25	3,16	1,34	28,4	22	–	19,0	163,5	„	„
400	„	X	1	3,04	2,74	27,8	22	–	18,4	195,0	„	„
401	„	„	6	2,95	1,50	20,1	24	–	15,4	158,4	„	„
402	„	„	10	3,11	1,04	28,0	24	–	21,6	265,0	„	„
403	„	„	17	3,05	1,14	16,7	9	–	20,1	199,3	„	„
404	„	„	17	3,01	4,15	29,6	22	–	18,0	145,8	„	„
405	„	„	18	3,08	0,88	25,6	10	–	12,7	85,6	„	„
406	„	„	„	3,08	1,11	24,9	20	–	24,2	226,9	„	„
407	„	„	„	3,01	3,67	28,5	15	30	20,2	211,6	„	schwach geworfen
408	„	„	„	3,09	1,58	18,4	10	–	24,9	230,5	„	bestanden
409	„	„	20	3,02	3,87	28,2	20	–	17,9	159,8	„	„
410	„	„	24	3,06	1,09	16,2	19	–	24,3	260,3	„	„
411	„	„	28	3,14	0,71	30,0	22	–	22,3	202,3	„	„
412	„	XI	1	3,06	1,69	26,9	4	30	16,7	130,6	„	„
413	„	„	4	3,06	0,94	16,9	19	–	32,7	361,5	„	„
414	„	„	4	3,02	2,36	20,0	11	30	19,5	170,1	„	schwach geworfen
415	„	„	21	3,08	2,10	4,5	19	–	35,4	364,6	„	bestanden
416	„	„	22	3,05	2,07	27,5	15	–	19,7	181,1	„	geworfen
417	„	„	22	3,04	1,39	21,0	16	30	20,5	223,1	„	bestanden
418	„	„	24	3,05	1,69	16,9	5	–	26,7	242,5	„	„
419	„	„	28	3,11	0,84	16,1	24	–	28,4	306,3	„	„
420	„	XII	3	3,07	1,83	31,0	18	–	21,9	210,4	„	„
421	„	„	5	3,11	0,90	10,9	9	30	25,1	280,4	„	„
422	„	„	5	3,12	0,65	19,1	18	–	25,8	278,5	„	„
423	„	„	10	3,05	2,48	24,9	22	–	22,3	195,9	**bestanden**	**schwach geworfen**
424	„	„	12	3,06	1,78	14,8	2	30	26,0	249,5	bestanden	bestanden
425	„	„	19	3,11	1,38	13,1	12	–	25,1	257,9	„	„
426	„	„	„	3,08	2,07	31,3	22	–	20,9	183,5	„	„
427	„	„	„	3,08	1,93	27,6	22	–	21,1	191,9	„	„
428	„	„	„	3,09	1,88	29,9	22	–	21,0	178,3	„	„
429	„	„	„	3,09	1,64	28,5	18	–	22,3	184,1	„	„
430	„	„	„	3,09	2,10	28,0	18	–	19,1	188,0	„	„
431	„	„	„	3,10	1,66	32,0	20	30	19,6	161,3	„	„
432	„	„	„	3,12	1,38	23,8	26	–	22,3	230,8	„	„
433	„	„	„	3,14	1,13	21,1	23	–	24,8	241,4	„	„

körper bei den Volumenbeständigkeitsproben			
Glühprobe	Kochprobe	Kuchenprobe Luftlagerung	Bemerkungen zu den Kuchenproben „Luftlagerung“
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	netzrissig, fest	„	
„	bestanden	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	schwach netzrissig	zweifelhaft	Kuchen zeigen Ausblühungen.
„	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
ziemlich mürbe	netzrissig	zweifelhaft	Kuchen zeigen Ausblühungen u. kleine Warzen.
bestanden	bestanden	bestanden	
auf der Glühseite Spur. von Rissen	fein netzrissig	zweifelhaft	Material derzeit noch fest.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	fein netzrissig; Material fest	„	
„	bestanden	„	
„	„	„	
mürbe	**fein netzrissig, ziemlich mürbe**	**nicht bestanden**	Kuchen beginnen zu zerfallen.
bestanden	bestanden	bestanden	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	
„	„	„	

Aus vorstehender Zusammenstellung geht nun hervor, dass

1. *Unter 433, in den Jahren 1886 bis 1893 im eidgenössischen Festigkeitsinstitute untersuchten Portlandcementen befanden sich 7 gefährliche Wassertreiber.*

2. *Ungeachtet des Umstandes, dass die sämtlichen Volumenbeständigkeitsproben in angenähert gleich dickflüssiger Konsistenz, als scheibenförmige Kuchen fast gleicher Dicke* (ca. 1,0 cm), *also ohne dünn auslaufende Ränder gearbeitet waren, stets mindestens 24 Stunden lang in feucht gehaltenem Schranke bewahrt wurden, bevor sie der Einwirkung der Atmosphärilien ausgesetzt wurden; ungeachtet des Umstandes, dass sämtliche Kuchen «Luftlagerung» unter genau gleichen Verhältnissen* (weil an ein und derselben Stelle lagernd) *den Einflüssen der Atmosphärilien ausgesetzt waren, ist das Verhalten der Probekörper kein gleichartiges. Unter den oben angezogenen 433 Portlandcementen befinden sich 53, die die Kuchenprobe «Luftlagerung» entschieden nicht bestanden haben, während weitere 18 Sorten überhaupt als zweifelhaft erscheinen.*

3. *Bis auf einen Cement, welcher unter Wasser Spuren beginnender Treibschäden zeigt, haben die oben angezogenen, die Kuchenprobe «Luftlagerung» zweifelhaft oder gar nicht bestandenen Portlandcemente die korrespondierenden, gleichzeitigen Kuchenproben «Wasserlagerung» tadellos bestanden. Die betreffenden Probekörper sind steinhart, vollkommen eben und absolut rissfrei.*

4. *Für die Portlandcemente, die an der Luft schlechtes Verhalten zeigen; die an der Luft, ohne dass sie unmittelbar nach ihrer Erzeugung oder in einer spätern Altersperiode einer eigentlich rasch austrocknenden Atmosphäre ausgesetzt worden wären, früher oder später von aussen, vorwiegend an den Kuchenrändern beginnend, nach innen fortschreitend zerfallen sind, ist es kennzeichnend, dass lange bevor die ersten Spuren der Zerstörung der Probekörper auftraten, die ursprünglich ebenen, untern Kuchenoberflächen oft etwas geworfen und meist besäet erscheinen mit kleinen Ausblühungen, warzenförmigen Erhöhungen, seltener kleine schuppig-schiefrige Ablösungen zeigen. Unter letztern sitzt ein, nach Farbe von der umliegenden Masse stets verschiedenes, oft heller gefärbtes Korn, während die Ausblühungen aus gelblich-bräunlichem, mehligem, kohäsionslosem*

Materiale bestehen, welches bei Berührung mit dem Finger zu Staub zerfällt.

5. *Die sämtlichen Portlandcemente, die die Kuchenproben Luft- und Wasserlagerung tadellos bestanden haben, zeigen auch in den beschleunigten Volumenbeständigkeitsversuchen tadelloses Verhalten.*

6. *Die sämtlichen Portlandcemente, welche in der Kuchenprobe Luftlagerung zweifelhaftes Verhalten zeigten, abgesandet, beziehungsweise früher oder später mürbe, rissig wurden oder gänzlich zerfallen sind, haben auch die beschleunigten Volumenbeständigkeitsversuche nicht bestanden.*

7. *Spezielle Beobachtungen lehren, dass die in den vorstehenden tabellarischen Zusammenstellungen angeführten Portlandcemente, die in der Kochprobe etwa nach 4 Stunden zu Brei zerfallen sind, in der Darrprobe, insbesondere in der kombinierten Dampf-Darrprobe beiläufig nach 3 Stunden sich warfen, netz- und kantenrissig, mürbe, leicht zerreiblich wurden, beziehungsweise zerfielen; in der Glühprobe, die in Fig. 9 bis 12 auf Tafel I dargestellten Rissbildungen erlitten, an der Luft belassen oft schon nach 6 Monaten zu zerfallen beginnen.*

8. *Beobachtungen bestätigen ferner, dass, so oft Portlandcemente in der Kochprobe innerhalb 2 bis 3 Stunden zu Brei zerfallen, in der Darr- und Glühprobe gleich schlechtes Verhalten zeigen, weder die Kuchenprobe Luftlagerung noch diejenige der Wasserlagerung bestehen. Die ersten Anzeichen schädlicher Volumenveränderungen kommen bei diesen Cementen meist schon nach wenigen Tagen zum Vorschein und zwar reagiren diese Cemente unter Wasser wesentlich rascher als an der Luft.*

e. Beiträge zur Kenntnis der Eigenschaften lufttreibender Portlandcemente.

a. Allgemeines.

In vorstehender Nummer haben wir an Hand unseres Beobachtungsmaterials den Nachweis für die Existenz von Handelsmarken der Kategorie «*Portlandcemente*» erbracht, welche unter Wasser tadelloses Verhalten zeigen, bei ausschliesslicher Luftlagerung absanden (eine häufige Beobachtung bei Cementböden)

oder früher oder später zu Grunde gehen können. Wir haben speziell noch darauf hingewiesen, dass Portlandcemente, die sich unter Wasser wie an der Luft entsprechend volumenfest erwiesen, auch die beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben tadellos —, während umgekehrt die an der Luft zweifelhaften Sorten auch die beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben stets mehr oder weniger schlecht bestanden haben. Augenscheinlich bilden diese Portlandcemente mit entsprechenden Abstufungen der Empfindlichkeit die mittleren Glieder der Reihe der Portlandcemente, die nach oben an die in jeder Hinsicht tadellosen, nach unten an die in jeder Hinsicht volumenunbeständigen Species grenzen.

Cemente, die unter Wasser gut stehen, an der Luft dagegen oft erst nach Verfluss mehrerer Jahre die angenommene Kohäsion allmälig fortschreitend verlieren, nennen wir «*Lufttreiber*». Das Wesen und die Ursache des Lufttreibens festzustellen, bezweckt die folgende Erörterung.

β. Lufttreibende Portlandcemente in auswärtigen Laboratorien.

Die Erscheinungen des Lufttreibens an Portlandcementen sind uns zuerst im mechanisch-technischen Laboratorium der technischen Hochschule zu München anfangs der achtziger Jahre begegnet. Herr Prof. *Bauschinger* hatte die Güte, uns darauf aufmerksam zu machen, dass einzelne jener Porlandcementsorten, deren Eigenschaften im 8. Hefte seiner Mitteilungen beschrieben sind, nach mehrjähriger Luftlagerung mürbe und zerreiblich wurden, obschon sie, wie aus den Bauschinger'schen Zusammenstellungen hervorgeht, unter Wasser selbst nach einer 112 Wochen langen Erhärtungsdauer und in Mischungen von 1 : 0, 1 : 3 und 1 : 5 tadelloses Verhalten zeigten.

Ende Juni 1889 sandte uns Herr Prof. *Bauschinger* zwei Plattenproben seiner Portlandcemente, die das Lufttreiben zeigen. Auf eine besondere Anfrage, ob die eingelieferten und die übrigen Plattenproben ähnlicher Beschaffenheit, anfänglich feucht gelagert waren, teilte uns Herr Prof. *Bauschinger* am 30. Juni unter anderm Folgendes mit:

«*Die fraglichen Cementkuchen lagen alle den Normen entsprechend die ersten vier Wochen im Wasser, von da ab in der Luft, in einem geschlossenen Lokale.*»

Gleiches bestätigt der Assistent des mechanisch-technischen Laboratoriums der technischen Hochschule zu München.

Herr *Klebe* schreibt unterm 20. September 1889:

«*Antwortlich Ihres sehr Geehrten vom 17. laufenden Monats kann ich nur alle Ihnen bereits früher über die fraglichen «treibenden Cemente» gemachte Angaben bestätigen. Die Kuchen tragen sämtlich erkennbare Bezeichnung, also ist eine Verwechslung ausgeschlossen. Dieselben lagerten wirklich die ersten 4 Wochen im Wasser, nachdem sie zuvor 24 Stunden an der Luft gelegen hatten. Die Kuchen wurden sämtlich von Herrn Prof. Bauschinger selbst eingehend besichtigt und bei Entnahme aus dem Wasser keine Änderungen bemerkt. Der Beginn des Treibens konnte nicht festgesetzt werden, fällt in die Zeit 1876—1880 und war, als im Februar 1880 die Zerstörung zuerst beobachtet wurde, bereits sehr stark vorgeschritten.*»

Die uns durch Herrn Prof. *Bauschinger* zugesandten Plattenproben waren deutsche Normenplatten mit dünn auslaufenden Rändern. Dieselben trugen die Bezeichnung H bezw. T. Kuchen H hatte graue Farbe mit deutlichem Stich ins Gelbe, war schwach geworfen und erschien die ursprünglich ebene, nun schwach gewölbte Basisfläche, durchsetzt mit hell gelblichen Körnchen, die verschiedene kleine Absprenglinge erzeugten. Kuchen T ist von grauer Farbe mit Stich ins Blaue, erscheint hohl geworfen und trägt beiderseits Netzrisse mit angenähert konzentrischem Verlauf. Das Material des Kuchens T ist nicht völlig homogen, doch homogener als dasjenige des Kuchens H. Warzenbildungen oder Ausblühungen sind nicht vorhanden.

Bemerkt man nun, dass der Cement H, nach Tabelle IX. auf Seite 25 des 8. Heftes der *Bauschinger*'schen Mitteilungen, nach vierwöchentlicher Wasserlagerung mindestens 5,1 % chemisch gebundenes Wasser aufgenommen haben musste, nun aber thatsächlich nur noch 2,06 % besitzt, so ist klar, dass der Cement ca. 60 % seines ursprünglich aufgenommenen, chemisch gebundenen H_2O wieder verloren haben muss.

Im übrigen sind auch die Änderungen der Festigkeitsverhältnisse der Cement-Mörtel sehr interessant; wir können uns nicht versagen, *Bauschingers* angezogene Versuchsresultate im Auszuge hier wiederzugeben.

Die chemische Zusammensetzung dieser Cemente hat Herr Prof. Dr. Treadwell folgendermassen angegeben:

		Cement H.	Cement T.
	SiO_2 . . .	18,87 %	18,70 %
	Al_2O_3 . .	5,65 »	7,51 »
	F_2O_3 . .	2,72 »	4,29 »
	CaO . . .	38,12 »	43,47 »
	MgO . . .	3,03 »	0,78 »
	$CaCO_3$ . .	23,86 »	18,86 »
	$CaSO_4$ . .	2,39 »	2,21 »
chem. gebund.	H_2O . . .	2,06 »	1,65 »
	H_2O . . .	2,80 »	2,29 »
	Summa:	99,50 %	99,76 %
Es hat demnach an CO_2 aufgenommen		10,50 %	8,30 %.

Druckfestigkeit in kg pro cm².

Eingestampfte Würfel von 114 cm² Querschnitt. (7 C.)

Dauer der Erhärtung:	1 Woche	4 Wochen	16 Wochen	c. 112 Wochen
Cementsorte:	H—T	H—T	H—T	H—T
	Wasserlagerung:			
Mörtel 1 Vol. C : 0 Vol. Sand:	101—135;	138—194;	195—296;	325—353.
1 „ C : 3 „ „ :	50— 72;	80—108;	143—172;	168—263.
1 „ C : 5 „ „ :	24— 44;	51— 67;	103—122;	190—203.
	Luftlagerung:			
Mörtel 1 Vol. C : 0 Vol. Sand:	100—133;	141—177;	210—286;	221—190.
1 „ C : 3 „ „ :	51— 82;	86—117;	155—168;	137—124.
1 „ C : 5 „ „ :	29— 44;	57— 64;	114—110;	96—102.

Vorstehende Zahlen sprechen mit hinreichender Deutlichkeit dafür, dass *die untersuchten Portlandcemente im Wasser völlig normales Verhalten zeigten; an der Luft der mit H bezeichnete Cement erst nach Ablauf von 2 Jahren, der mit T bezeichnete jedenfalls schon früher begonnen hat seine ursprünglich angenommenen Festigkeitsverhältnisse zu verlieren.*

Auf eine im Frühjahr 1887 in Sachen der Lufttreiber an Herrn *Dr. Heintzel,* Inhaber des Laboratoriums für Cementindustrie in Lüneburg, gerichtete Anfrage, erhielten wir folgende Mitteilung:

« . . . . . *konstatiere ich, dass mir Lufttreiber bei Handelswaren vielfach vorgekommen sind. Vornehmlich zeigten die grob*

gemahlenen englischen Cemente diese Eigentümlichkeit. Diese Cemente zeigten bei der Kugelprobe (Glühprobe) *immer starke Risse; auch in der Darrprobe treten Risschen auf. Ich habe hier ein schönes Sortiment englischer und deutscher Proben dieser Art; die Kuchen zerfallen beim Anfassen. Die Wasserproben sind fest . . . . . »*

Anlässlich eines Besuches der bekannten Portlandcementwerke in Heidelberg bestätigte Herr Direktor *Schott* Bauschingers Befund und konnte uns Plattenproben eines dem Handel entnommenen Lufttreibers vorlegen. In Beantwortung einer Anfrage, ob Herr Schott es gestatte, im «*Berichte über die Abänderungsvorschläge der schweiz. Normen vom Jahre 1883*» seine Versuchsresultate zu erwähnen, macht Herr *Schott* unter dem 30. März 1887 auch die folgende Bemerkung:

« . . . . . *Immer sind es Portlandcemente, welche aus unvollkommen zerkleinerten Rohmaterialien, aus hartem, verhältnismässig reinem Kalkstein und Thon fabriziert wurden und welche durch unvollkommene Aufschliessung zum Teil auch aus den Hochofenschlacken und Puzzolanerden ähnlichen, kalkärmeren Silikaten und Kalk bestehen, bei welchen also auch die Erhärtung in ähnlicher Weise, zum Teil wenigstens, vorgehen muss.*»

Einen interessanten Fall aus dem Gebiete «*lufttreibender Portlandcemente*» hat die Prüfungsstation des Wiener Stadtbauamts zu verzeichnen. Über die Eigenschaften dieses Materials und seines Verhaltens an der Luft verdanken wir dem Vorsteher der Wiener Prüfungsstation, Herrn Ingenieur *Greil,* folgende Mitteilungen:

« . . . . . *Der Cement wurde vor ca. 3 Jahren eingeliefert.* (Da das Schreiben des Herrn Ingenieur *Greil* vom 31. März 1889 datiert ist, so stammt fraglicher Cement aus dem Monate März oder April 1886.) *Der Cement hatte:*

eine Bindezeit von ca. 3 Stunden (Nagelprobe),
eine Mahlfeinheit von 10,0 % Rückstand am 900 M.-Sieb;
» 34,5 % » 2500 »
» 42,2 % » 4900 »

Zur Ermittlung der Volumenbeständigkeitsverhältnisse waren damals in der Prüfungsstation des Wiener Stadtbauamtes die dickwandigen Glasproben üblich. Herr Ingenieur Greil schreibt darüber sub 31. III. und 26. VI. 1889 Folgendes:

«*Ein dickflüssiger Cementbrei wurde in ein fassförmiges Glas gegossen und an der Luft aufbewahrt. Nach ca. 14 Tagen zeigten sich die ersten kleinen Risse im Glase. Die vollständige Ablösung des Glases, so dass die Luft von allen Seiten zu konnte, wurde von mir vielleicht nach ca. 8 Monaten wahrgenommen. Das Glas zersprengte, und fing der nun freie, anfangs noch vollkommen harte Cement an den Aussenflächen an mürbe zu werden und blätterte und bröckelte ab.*» Den Zustand dieser Probe im Jahre 1889 zeigt Fig. 1 auf Tafel III.

Nach einer vom damaligen Chemiker der eidgenössischen Festigkeitsanstalt, Herrn *J. Korin*, ausgeführten Analyse zeigt das abgebröckelte Cementmaterial folgende Zusammensetzung:

SiO_2;	R_2O_3;	CaO;	CO_2;	H_2O + Bit.
16,55 %;	9,12 %;	56,47 %;	14,15 %;	3,80 %.

Im übrigen teilt uns Herr Ingenieur *Greil* noch Folgendes mit:

«*Die Wasserprobe* (Volumenbeständigkeit) *wurde bestanden. Leider ist dieselbe nicht für längere Beobachtungsdauer* (d. h. über 4 Wochen hinaus) *aufgehoben worden.*»

«*Die Sandfestigkeit 1 : 3 mit unserem alten Wiener Normalsande und Handarbeit betrug:*

	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
Zug:	6,80 *kg* per cm^2;	9,02 *kg* per cm^2.
Druck:	59,77 » »	92,05 » »

Vorliegender Fall ist gerade durch den Umstand, dass der Cement, dickflüssig angemacht, in ein dickwandiges, fassförmiges Trinkglas gefüllt wurde, welches die an sich massige Probe vor vorzeitiger Abwässerung in ausgiebiger Weise schützte, besonders interessant und wichtig. Dickflüssigkeit, Dichte, massige Beschaffenheit, geringfügiger Wasserverlust in der ersten Phase der Erhärtung haben nicht verhindert, dass der Cement an der Luft dennoch zerfiel, während die Wasserproben normal bestanden sind.

γ. Lufttreibende Portlandcemente im eidgenössischen Festigkeitsinstitute.

Im Laboratorium der eidgenössischen Festigkeitsanstalt sind bis zur Stunde eine grössere Anzahl lufttreibender Portlandcemente angetroffen worden. Sie stammen mit Ausschluss einer

einzigen Marke, die uns eine sonst sehr sorgfältig arbeitende Fabrik auf speziellen Wunsch frisch von der Mühle weg aus ungelagerten Klinkern bereitet und zu Versuchszwecken geliefert hatte, sämtlich entweder *aus neu gegründeten Fabriken, aus Fabriken hydraulischer Bindemittel, die auch auf Portland übergegangen sind, oder mitunter auch Portland erzeugen, oder aus solchen Fabriken, die eine relativ kleine Produktion,* ungünstige Platz- oder Rohmaterialverhältnisse und in einzelnen Fällen wohl auch keine wissenschaftlich gebildete Leitung besitzen.

Der erste Lufttreiber stammt aus dem Jahre 1883; er wurde über ein Jahr Wasserlagerung hinaus beobachtet. Im Jahre 1885 waren wir erstaunt, die an der Luft belassenen Kuchenproben mürbe und bröcklig anzutreffen. Eine dieser Kuchenproben zerfiel unter unseren Händen; die andere wurde aufbewahrt und erscheint in Fig. 7^a u. 7^b der beigehefteten Taf. III abgebildet.*) Nicht nur diese, mit dünn auslaufenden Rändern erzeugten Platten, sondern auch dicke, massige, durch Einstampfen des Cementes erzeugten Platten und Würfel, sowie der aus dem Cemente hergestellte Mörtel (eingestampfte Würfel mit 10 *cm* Kantenlänge), ja auch der aus dem gleichen Materiale erzeugte Beton zeigten ausgesprochene Spuren der Zerstörung. Abbildungen dieser Zerstörungen geben die Fig. 2—5 auf Tafel III.

Das Material im Anlieferungszustande hatte folgende Zusammenstellung:

SiO_2; Al_2O_3; Fe_2O_3; CaO; MgO; $CaCO_3$; $CaSO_4$; H_2O.
19,73%; 8,40%; 3,42%; 61,63%; 1,95%; Spur; 3,16%; 1,63%.

Im Februar 1886 konstatierte Herr Prof. Dr. *Treadwell* in den abgebröckelten Körnchen 8,75 % CO_2.

Unter Wasser zeigte der besagte Cement tadelloses Verhalten. Die normenmässige Sandfestigkeit betrug bei einer Wasserlagerung von:

	1 Woche	4 Wochen	12 Wochen
an Zug (1 : 3)	13,3;	17,5;	22,5 *kg* pro cm^2
» Druck »	118,3;	175,3;	247,6 » »

Im Herbste 1884 reichte eine Cementfabrik, die seither auch auf Portland übergegangen ist, 5 verschiedene Portlandcement-

*) Die Abbildungen stammen aus dem Jahre 1889; seither sind die Probekörper gänzlich zerfallen.

Muster (Vorversuche im Grossen) zur Wertbestimmung ein. Ausgeführt wurden die allgemeinen Untersuchungen, sowie die normengemässen Zug- und Druckproben in 3 Altersklassen. Die Volumenbeständigkeitsversuche wurden auf eine 3-jährige Beobachtungsdauer ausgedehnt.

Während 4 Portlandcement-Sorten die Luft- und Wasserproben tadellos bestanden, begann die fünfte nach ca. $1^1/_2$-jähriger Luftlagerung zu zerfallen. Ein zufällig aufbewahrter Würfel fing an abzusanden; die Kanten wurden allmälig stumpf, abgerundet und nahezu gänzlich kohäsionslos.

Das Material im Anlieferungs-Zustande hatte folgende Zusammensetzung:

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	SO_3;	Glühverlust.
20,16%;	6,19%;	2,90%;	62,28%;	3,76%;	0,75%;	3,05%.

Unter Wasser verhielt sich das Material in jeder Hinsicht tadellos. Die normengemässen Sandfestigkeiten betrugen bei einer Wasserlagerung von:

	1 Woche	4 Wochen	12 Wochen	
an Zug (1 : 3)	12,9	16,8	22,5	*kg* pro *cm.*^{2}
„ Druck „	107,5	136,1	160,8	„ „

Am 19. April 1886 ist uns ein künstlicher Portlandcement in die Hände gefallen, welcher schon nach ca. 3-monatlicher Luftlagerung den Beginn des Lufttreibens zu erkennen gab.

Dieser Cement hatte folgende Zusammensetzung:

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaSO_4$;	$CaCO_3$;	H_2O.
21,85%;	7,20%;	2,82%;	60,42%;	0,83%;	1,83%;	1,34%;	2,13%.

Sein spezifisches Gewicht betrug 3,07,
der Glühverlust . . . . . 2,92 %

Nach 3-monatlicher Lagerung im Sack zeigte der nämliche Cement nach Dr. *Heintzel* folgende Zusammensetzung:

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaSO_4$;	$CaCO_3$;	H_2O.
21,17%;	6,97%;	2,73%;	54,93%;	0,81%;	1,85%;	7,52%;	2,66 %.

Der fragliche Cement ist also im Sacke und zwar unter erheblicher CO_2-Aufnahme degeneriert. Mit diesem degenerierten Cemente nachträglich in ziemlich grossem Masstabe ausgeführte Proben haben die nun folgende, 4-jährige Luftlagerung tadellos bestanden.

Die mit dem ursprünglichen, also nicht degenerierten Materiale ausgeführten Volumenbeständigkeitsproben sind an der Luft, wie oben erwähnt, mürbe und zerreiblich geworden, zeigten aber unter Wasser tadelloses Verhalten. Abbildungen der Probekörper aus dem Jahre 1889, siehe Figur 4 auf Tafel IV.

Um zu erfahren, ob nicht auch wirklich tadellose, kräftige Portlandcemente durch längere Lagerung ähnlich degenerieren, liess der Berichterstatter den am 4. März 1889 eingelieferten Portlandcement, welcher im Anlieferungszustande

ein spez. Gewicht von 3,09,
einen Glühverlust von . . . . . 2,10 %

besass, in der Cementwerkstatt im Originalsacke so lange liegen, bis dass er knollig geworden. Die Knollen wurden im Monate Juli des gleichen Jahres herausgesiebt und der chemischen Analyse unterworfen. Diese ergab:

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaSO_4$;	$CaCO_3$;	H_2O;	Alk.*)
20,97%	7,51%	2,83%	56,92%	1,49%	2,87%	5,22%	1,70%	0,49%.

Der gesamte Glühverlust betrug: 3,99 %,
somit die Vermehrung in ca. 4 Monaten: 1,89 %,

während der oben angeführte Cement, ohne die leisesten Spuren von Knollenbildung zu zeigen, vorwiegend durch Aufnahme von CO_2 seinen ursprünglichen Glühverlust um 3,25 % vermehrte.

Zwei weitere sehr interessante Fälle von lufttreibenden Portlandcementen sei gestattet im Rahmen dieser vorläufigen Zusammenstellung noch hervorzuheben, weil sie das Wesen der lufttreibenden Portlandcemente ganz besonders kennzeichnen.

In Sachen des Schadenersatzes für einen misslungenen Portlandcementboden im Kellerraum eines Privatgebäudes in Luzern spielten hier im Winter 1887 verschiedene Verhandlungen. Am 14. Dezember des gleichen Jahres beantragte der Cementlieferant die amtliche Prüfung des zu dem Boden verwendeten bezw. zur gleichen Zeit aus der nämlichen Fabrik bezogenen Cementes, welcher sich dadurch ausgezeichnet hatte, dass er nach ca. zweimonatlicher Magazinierung die Fasstauben zersprengte. Der Berichterstatter wies die Angelegenheit mit dem Bemerken von der Hand, dass es nach Ablauf von 3—4 Monaten unmöglich sei, den Anlieferungszustand des Materials festzustellen,

*) Alk. als Differenz.

liess jedoch aus einem der noch vorhandenen Fässer mit zersprengten Dauben 2 Proben entnehmen, nämlich die eine aus der Fassmitte, die andere vom Fassrande. Zur gleichen Zeit, genau in gleicher Weise wurden die besagten Muster und zwar unmittelbar nach ihrem Eingange in die Festigkeitsanstalt zu Probekörpern der Volumenbeständigkeitsversuche verarbeitet und geprüft. Das Ergebnis der Untersuchung war folgendes:

Das Material vom Fassrande hatte alle Proben (Glüh-, Darr-, Koch- und die Plattenproben, Luft- und Wasserlagerung) vollkommen bestanden, während dasjenige aus der Fassmitte, welches mit Ausnahme der Kuchenproben-Wasserlagerung, die heute noch, vollkommen intakt, von jedermann eingesehen werden können, die Darr-, Glüh- und Kochproben nicht bestanden hatte, an der Luft nach ca. ½ Jahr zu zerfallen begann, und später vollkommen zerfallen ist. Nach ca. 1½-jähriger Luftlagerung der Kuchen fand Herr Dr. Heintzel für die

Proben aus der Fassmitte 4,77 % H_2O und 11,85 % CO_2
„ vom Fassrand 6,43 „ „ „ 11,44 „ „

Im Januar 1889 beantragte die Bauleitung der Wasserwerke einer schweizerischen Stadt die Untersuchung der Qualität mehrerer hydraulischer Bindemittel.

Am 11. Januar sind die ersten 3 Portlandcementmuster im eidgenössischen Festigkeitsinstitute eingelaufen; sie wurden unmittelbar nach Empfang in üblicher Weise allgemein untersucht. Die beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben wurden nicht bestanden. Abbildungen der Glühproben vergl. Figur 11 und 12 auf Tafel I. Da sich die Wasserproben tadellos erwiesen, konnte der Bauleitung des Wasserwerks amtlich mitgeteilt werden, dass die fraglichen Cemente für Arbeiten in den feuchten Baugrund bezw. ins Wasser geeignet, jedoch für Arbeiten an der Luft als *durchaus zweifelhaft* bezeichnet werden müssen. Unser Befund wurde der Fabrik übermittelt, welche sich veranlasst sah, durch ihren «Reisenden» uns in einem Schreiben über ihre Fabrikationsprinzipien und Erfahrungen Aufklärungen zu geben, die darin gipfeln, dass, in Erwiderung unseres Befunds, die Fabrik ihrerseits die Erklärung abgegeben habe, wonach .... «*eine solche Mutmassung seitens der eidgenössischen Anstalt sie nicht überrasche,*

aber nach ihren eigenen Beobachtungen bei ihrem Cemente thatsächlich nicht zutreffend sei;» und dass, *«um einen möglichst guten Cement zu erzielen»* innert gewissen Grenzen, mangelhafte Glüh- und Kochproben *«absichtlich nicht vermieden werden»*.

Statt uns mit dem Herrn «Reisenden» näher auseinander zu setzen, haben wir es für nützlicher gefunden, eine grössere Probe des gleichen Materials uns zusenden zu lassen, die sodann möglichst einlässlich und weitgehend untersucht und zu Probekörpern der Normenfestigkeit (1 : 3) bis auf 10-jährige Erhärtungsdauer verarbeitet wurde. (Nr. 110 bis 113 unserer Zusammenstellungen auf Seite 212.)

Im Monat Juli wurde Protokoll über den Zustand sämtlicher Kuchenproben, Luft- und Wasserlagerungen, aufgenommen.

Die Kuchenproben *«Luftlagerung»* der fraglichen Cemente waren damals mit Ausblühungen und Warzenbildungen bedeckt, die Kanten fest; das Material wurde als «zweifelhaft» bezeichnet. Als Mitte November gleichen Jahres die Kontrollrevision durchgeführt wurde, waren wir nicht wenig erstaunt, die gleichen Probekörper bereits mürbe, brüchig, kantenrissig, zerreiblich anzutreffen! Die Kuchenproben, Luftlagerung, sind seither total in ein bröckliges, griesiges Mehl zerfallen, während diejenigen der *«Wasserlagerung»* auch heute noch in vollkommen tadellosem Zustande sich befinden.

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Festigkeitsproben, die mit dem vorstehend beschriebenen Materiale ausgeführt wurden:

Mörtel 1 : 3. Luftlagerung.

Alter der Probe:	3 Tg.	7 Tg.	28 Tg.	84 Tg.	210 Tg.	1 Jahr.	
Zugfestigkeit:	10,8	19,5	31,1	41,4	34,6	27,2	*kg* pro cm^2
Druckfestigkeit:	68,5	131,7	193,5	229,5	240,9	266,8	„ „ „

Nach 3-jähriger Luftlagerung wurden sämtliche Zugproben stark rissig angetroffen; die massigen Druckproben zeigten ebenfalls Spuren von Triebschäden; eine weitere Prüfung ihrer Festigkeit war somit nutzlos.

Eine ganze Reihe, dem vorstehend beschriebenen Falle ähnlicher Beispiele für das Verhalten der Lufttreiber könnten hier angegliedert werden. Aus dieser Reihe sei gestattet noch einen Fall herauszugreifen, der ebenfalls besonderes Interesse besitzt.

Zur Ausführung einer wissenschaftlichen Arbeit bezog die eidgenössische Festigkeitsanstalt im Jahre 1889 zehn Säcke Portlandcement aus dem Handel. Das Material wurde Sack für Sack den beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben unterworfen, welche zweifelhaft bestanden wurden. Bis auf einen Sack, dessen Inhalt einer erneuerten einlässlichen, bis auf eine 8-jährige Erhärtungsdauer ausgedehnte Prüfung der Normenfestigkeiten (1 : 3), bei Luft- und Wasserlagerung unterworfen wurde, hatte man das bezogene Material dem Händler wieder zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der Volumenbeständigkeitsproben des zurückbehaltenen Materials stehen unter No. 114 auf Seite 212 des vorliegenden Heftes; in nachstehender Zusammenstellung geben wir zur Ergänzung die Resultate der Festigkeitsproben.

Mörtel 1 : 3

	Wasserlagerung		*Luftlagerung*	
	Zug	Druck	Zug	Druck
nach 7 Tagen:	9,5 *kg* p. cm^2,	82,3 *kg* p. cm^2,	14,5 *kg* p. cm^2,	107,8 *kg* p. cm^2.
„ 28 „ :	12,9 „	, 124,5 „	, 19,6 „	, 162,4 „
„ 84 „ :	21,9 „	, 175,9 „	, 23,1 „	, 199,9 „
„ 210 „ :	24,7 „	, 230,8 „	, 21,2 „	, 240,4 „
„ 1 Jahr :	29,0 „	, 289,1 „	, 17,4 „	. 242,9 „
„ 2 „ :	31,8 „	, 311,0 „	. Die Probekörper der	
„ 3 „ :	28,9 „	, 317,0 „	. spätern Altersklassen zeigen	
„ 4 „ :	33,2 „	, 342,7 „	. starke Triebrisse.	

δ. Chemische Zusammensetzung einiger lufttreibender Portlandcemente.

Folgende Zusammenstellung gibt einen Überblick über die chemische Zusammensetzung solcher Portlandcemente, an welchen wir die Erscheinungen des Luftzerfallens zu beobachten Gelegenheit hatten. Die chemische Zusammensetzung dieser Cemente festzustellen schien nötig, weil die Möglichkeit nicht ausgeschlossen war, es handle sich hier um Erscheinungen, die angeblich thonerdereichen, kalkarmen Portlandcementen eigen sind.

Lauf. No.	No. auf Seite bis	Datum der chem. Analyse	Chemiker	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	$CaSO_4$	CO_2	H_2O
I. Zusammensetzung der Kuchenprobenluftlagerung.											
1	—	22. III 89	Dr. Heintzel	16,92	5,45	2,15	52,36	3,12	0,95	12,62	5,48
2	9	„ „ „	„	18,27	5,85	2,45	51,35	1,01	2,56	14,74	6,13
3	39	„ „ „	„	18,30	5,47	2,03	51,21	0,95	2,04	11,69	7,33
4	40	„ „ „	„	18,10	4,93	2,27	51,97	0,94	1,89	11,90	7,10
5	47	„ „ „	„	19,67	5,23	2,27	53,50	0,95	1,70	9,99	5,78
6	57	„ „ „	„	19,97	5,06	2,04	52,97	1,03	1,54	11,85	4,77
7	66		Prof. Treadwell	18,87	6,30	1,58	53,22	0,87	1,03	12,17	5,67
8	89	22. III 89	Dr. Heintzel	17,17	5,46	2,39	52,53	1,21	1,63	7,18	11,27
9	107	„ „ „	„	20,00	5,29	2,26	52,52	0,97	2,01	8,90	6,85
10	114	„ „ „	„	Im Anlieferungszustande analysirt! —							
II. Desgleichen berechnet auf H_2O- und CO_2-freien Zustand.											
1	—	22. III 89	Dr. Heintzel	20,66	6,66	2,62	63,93	3,81	1,16	—	—
2	9	„ „ „	„	22,24	7,12	2,99	62,52	1,23	3,11	—	—
3	39	„ „ „	„	22,60	6,75	2,51	63,24	1,17	2,52	—	—
4	40	„ „ „	„	22,35	6,09	2,80	64,16	1,16	2,33	—	—
5	47	„ „ „	„	23,60	6,28	2,72	63,12	1,14	2,04	—	—
6	57	„ „ „	„	23,95	6,07	2,45	63,53	1,23	1,85	—	—
7	66		Prof. Treadwell	22,97	7,67	1,92	64,79	1,05	1,25	—	—
8	89	22. III 89	Dr. Heintzel	21,06	6,70	2,93	64,41	1,48	2,00	—	—
9	107	„ „ „	„	23,74	6,28	2,68	62,34	1,15	2,39	—	—
10	114	„ „ „	„	23,05	6,37	2,23	63,22	1,82	2,01	—	—

Aus vorstehender Zusammenstellung geht hervor, dass:

1. *die chemische Zusammensetzung unserer Lufttreiber keine Abnormität zeigt;* dass das Material dieser Lufttreiber:

2. *zur Zeit der Ausführung ihrer Analysen* (Februar bis März 1889) *durch einen hohen Grad an CO_2 und einen relativ geringen Wassergehalt* — das chem. gebundene Wasser betrug durchschnittlich 58,3 % des Gesamtwassers — ausgezeichnet war.

Der hohe Gehalt an CO_2 in Portlandcementen, die an der Luft erhärtet sind, hat zunächst nichts Überraschendes, da diese während der Periode ihrer Hydratisierung Kalk ausscheiden,

der CO_2 binden wird. Eine andere Frage ist es, ob nicht etwa ein Teil des in den Lufttreibern nachgewiesenen Kalkkarbonats durch Zersetzung einer Kalkhydro-Verbindung entstanden sei, wobei ursprünglich gebundenes Wasser ausgetrieben wurde. Der experimentellen Untersuchung dieser Frage stehen fast unüberwindliche Schwierigkeiten im Wege, denn der rein chemische Prozess wird durch Hinzutritt physikalischer Vorgänge kompliziert und ist eine Trennung beider ganz unmöglich.

ε. Wasseraufnahme hydraulischer Bindemittel in der ersten Phase der Versteinerung.

Mit der Frage der Wasseraufnahme hydraul. Bindemittel in den ersten Phasen der Versteinerung haben sich verschiedene Forscher, unter diesen Prof. Dr. *Feichtinger* und Prof. *J. Bauschinger* beschäftigt. Dessenungeachtet haben wir eine umfassende Untersuchung dieser Frage im analytisch-chemischen Laboratorium des eidg. Polytechnikums veranlasst. Über die angewandte Methode berichtet Herr Prof. *Treadwell* Folgendes:

«Die aus der Mitte der Versuchskörper entnommenen Proben wurden sofort in Glasröhren, die mittelst eines Oelbades auf 100° C. erhitzt wurden, gebracht, durch welche ein kohlensäurefreier Luftstrom 11 Stunden lang hindurch geleitet wurde. Hierauf wurde von jeder Probe ca. 1 *gr* in einem Porzellanschiffchen abgewogen und bis zum konstanten Gewicht in obigem Luftstrom bei 100° C. weiter erwärmt. Nun wurden die Schiffchen in Röhren aus schwer schmelzbarem Glase, die einerseits mit hohen Chlorcalciumthürmen, anderseits mit einem gewogenen Chlorcalciumrohr in Verbindung waren, gebracht und ganz allmählich bis zur starken Rotglut erhitzt. Während des Versuches strich ein langsamer Luftstrom durch den Apparat (die Luft wurde nicht gesogen, sondern durchgepresst). Nach dem Erhitzen, welches ca. $^3/_4$ Stunden dauerte, liess man die Röhren völlig kalt werden, und wog die Chlorcalciumröhren. Blinde Versuche zeigten, dass die verwendeten Apparate völlig dicht und trocken waren. Das Chlorcalciumrohr nahm, nachdem die Luft mit gleicher Geschwindigkeit wie bei obigen Bestimmungen 2 Stunden lang durch den Apparat passierte, in einem Falle 0,0002, in einem andern Falle 0,0003 *gr* zu. Das verwendete Chlor-

calcium war also völlig frei von Kalk und hielt nicht die geringste Menge CO_2 zurück.»

Lauf. No.	Einlauf des Materials	Wasseraufnahme in % der bei 100° C. getrockneten Substanz nach 12 Stunden	nach 36 Stunden	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
	I. Portlandcemente.				
1	28. V. 1889	3,144	3,904	6,067	8,913
2	20. VI. 1889	3,037	4,461	6,345	8,824
3	16. VII. 1889	2,548	2,796	4,701	6,890
4	23. VII. 1889	3,122	3,729	5,588	8,371
5*	21. XI. 1889	4,017	5,032	6,546	8,948
6**	21. XI. 1889	2,923	3,386	4,922	6,194
	II. Schlackencemente.				
7	25. IV. 1889	6,697	7,374	9,461	10,270
8	28. VI. 1889	6,314	6,452	7,847	11,000
9	4. VII. 1889	6,905	7,406	8,730	8,876
	III. Romancemente.				
10	8. V. 1889	5,786	5,852	6,699	7,025
11	20. VII. 1889	2,916	3,855	4,725	6,005
12	23. VIII. 1889	5,350	6,357	7,039	7,355
	IV. Hydraulische Kalke.				
13	4. V. 1889	3,204	3,050	3,787	4,874
14	13. VI. 1889	8,566	8,769	8,484†	9,028
15	14. V. 1889	4,914	4,966	4,877†	5,636
16	27. VI. 1889	6,548	7,057	6,939†	8,322

* Zweifelhafter Portlandcement.

** Ware derselben Fabrik, gelagert.

† Der scheinbare Rückgang der H_2O-Aufnahme rührt offenbar vom Stoffverluste her, die die Probekörper dieser Kategorie unter Wasser erleiden.

Bezüglich der Erzeugung und Behandlung der Probekörper habe ich noch beizufügen, dass dieselben, in der normengemässen Konsistenz, also mit so wenig Wasser als zur plastischen Formung des Materials nötig, erzeugt, unmittelbar darauf unter befeuchtete Glasglocken gebracht und hier 24 Stunden lang belassen wurden. Nach Ablauf dieser Frist wurden mit Ausschluss der hydraul. Kalke, die eine 3-tägige Luftlagerung erhielten, sämtliche Probekörper unter Wasser gesetzt.

ζ. Grenzwerte der Kohlensäure und Wasseraufnahme bei Wasser- und Luftlagerung tadelloser Portlandcemente.

Zur Ermittlung der Grenzwerte der Kohlensäure- und Wasseraufnahme tadelloser Portlandcemente wurden hellklingende, feste, also tadellose Platten der Volumenbeständigkeitsproben aus solchen Jahrgängen unserer Sammlung herausgegriffen, die zur Annahme berechtigen, dass sowohl die Hydratisierung als auch die Kohlensäure-Aufnahme abgeschlossen sei.

Sämtliche Probekuchen wurden einheitlich, normengemäss behandelt. Die Methode der Wasserbestimmung entspricht der unter lit. ε angeführten. Die Kohlensäure wurde gewichtsanalytisch durch Austreiben und Auffangen in Natron-Kalkröhren bestimmt.

Lauf. No.	Alter der Proben zur Zeit ihrer Analyse	Wasserlagerung		Luftlagerung	
		CO_2	H_2O	CO_2	H_2O
		berechnet auf 100° C. getrocknete Substanz			
		%	%	%	%
1	20. VII. 1886	4,29	6,78	13,10	2,32
2	4. IX. 1886	2,76	11,30	13,47	3,19
3	4. XII. 1886	4,56	10,61	14,79	2,81
4	20. XII. 1886	2,37	8,12	11,48	2,29
5	8. II. 1887	3,42	10,80	13,95	2,58
6	9. III. 1887	2,85	11,14	12,24	3,54
7	9. III. 1887	2,66	11,80	12,93	3,33
8	8. V. 1887	2,34	10,70	10,76	3,90
9	12. VIII. 1887	2,32	10,04	11,38	3,44
10	23. XI. 1887	3,16	12,12	16,14	2,71
11	30. XII. 1887	2,79	10,54	12,56	2,30
12	25. II. 1888	2,58	10,24	13,04	2,38
13	9. III. 1888	1,51	10,53	12,16	3,16
14	21. III. 1888	0,61	10,23	10,17	2,74
15	5. XI. 1888	0,98	11,65	13,47	3,54
	Im Mittel:	2,61	10,44	12,77	2,95

η. Kohlensäure und Wasseraufnahme bei Wasser- und Luftlagerung lufttreibender Portlandcemente.

Um das Verhältnis der Kohlensäure- und Wasseraufnahme tadelloser gegenüber solcher Portlandcemente kennen zu lernen,

die bei sonst genau gleicher Behandlung an der Luft zerfallen sind, wurden die in nachstehender Tabelle angeführten Bestimmungen ausgeführt. Bis auf No. 16 sind sämtliche auf Wasser- und Kohlensäuregehalt geprüften Volumenbeständigkeitsproben der vorliegenden Serie ausgesprochene Lufttreiber. Vergleichbare Zahlen zu gewinnen, wurden, soweit es der damalige Zustand der Kuchenproben-Luftlagerung überhaupt gestattete, in Übereinstimmung mit unter lit. ε und ζ angeführten Arbeiten, die zu den Analysen erforderlichen Proben stets aus den Plattenmitten entnommen. Bei den mit *) bezeichneten Nummern wurden überdies Proben vom Plattenrande geprüft, lediglich um einen Einblick in die zwischen Plattenmitte und Plattenrand bestehenden Beziehungen und Zustände zu gewinnen.

Lauf. No.	Alter der Proben zur Zeit ihrer Analyse	Luftlagerung		Wasserlagerung	
		CO_2	H_2O	CO_2	H_2O
		berechnet auf 100° C. getrocknete Substanz			
		%	%	%	%
1	c. 3 Jahre; 7 Monate	12,37	2,67	2,30	12,13
2	c. 2 „ ; 10 „	10,31	3,46	3,62	12,23
3	c. 2 „ ; 5 „	12,60	3,42	1,54	11,53
4	c. 2 „ ; 4 „	11,63	3,59	2,29	11,93
5	c. 2 „ ; 3 „	9,79	3,17	1,23	10,91
5*	c. 2 „ ; 3 „	**11,06**	**2,20**	—	—
6	c. 2 „ ; 1 „	9,86	3,59	0,56	11,90
7	c. 2 „ ; — „	10,86	2,38	1,51	11,80
8	c. 2 „ ; — „	13,05	3,11	2,17	11,64
9	c. 1 „ ; 9 „	9,70	2,90	1,03	10,97
10	c. 1 „ ; 4 „	10,01	5,08	0,98	13,06
11	c. 1 „ ; 3 „	7,13	4,48	1,01	10,78
11*	c. 1 „ ; 3 „	**10,16**	**2,43**	—	—
12	c. 1 „ ; 1 „	10,44	2,79	0,83	10,66
13	c. — „ ; 10½ „	9,97	2,61	2,91	8,51
13*	c. — „ ; 10½ „	**10,49**	**2,33**	—	—
14	c. — „ ; 10½ „	6,19	4,93	1,56	10,40
14*	c. — „ ; 10½ „	**11,56**	**2,16**	—	—
15	c. — „ ; 8 „	10,06	2,81	1,25	10,00
16*	c. — „ ; 8 „	4,18	6,46	0,83	10,56
	Im Mittel:	9,88	3,59	1,60	11,19

Mit Rücksicht auf die unter lit. ε, ζ und η angeführten Versuchsergebnisse geht nun hervor, dass:

1. *die tadellosen sowie die lufttreibenden Portlandcemente an der Luft wie unter Wasser wechselnde Mengen Kohlensäure und Wasser aufnehmen können;* dass

2. *die absoluten, bei Luftlagerung tadelloser Portlandcemente aufgenommenen Mengen an Kohlensäure von denjenigen, die zweifelhafte oder lufttreibende Portlandcemente ungefähr gleichen Alters zeigen, nicht wesentlich verschieden sind;* dass somit

3. *die Anwesenheit erheblicher CO_2-Mengen in den abgebröckelten Teilchen eines Lufttreibers allein zur Annahme eines aktiven Anteils derselben am Zerstörungswerke nicht berechtigen.*

4. *Der Wassergehalt der Kuchenproben-Luftlagerung tadelloser Portlandcemente kann bis auf 2,29 % herabsinken, ohne die Oberflächen-Beschaffenheit und Cohärenz des Materials nachteilig zu beeinflussen, vorausgesetzt, dass die besagten Kuchenproben während der ersten 24 Stunden feucht gelagert waren.*

5. *Der Wassergehalt der Kuchenproben-Luftlagerung lufttreibender Portlandcemente schwankt bei einem Alter der Proben von 8 Monaten bis ca. 3 ½ Jahren zwischen 2,38 und 5,08 % und beträgt im Mittel 3,59 %, ist also um 0,64 % grösser als der mittlere Wassergehalt tadelloser Portlandcemente nach ca. 2 bis 4 ½-jähriger Luftlagerung.*

6. *Der Umstand, dass der Wassergehalt der Kuchenproben-Luftlagerung bei gleicher Behandlung der Probekörper zwischen den Grenzen von 2,38 und 6,46 % schwankt — Kuchen fast gleichen Alters (wie No. 15 und 16) Schwankungen von 2,81 bis 6,46 % aufweisen —, spricht dafür, dass die zweifelhaften Portlandcemente bezüglich der Fähigkeit, das aufgenommene Wasser festzuhalten, sich sehr verschiedenartig verhalten.*

7. *Die relativ erheblichen Mengen chemisch gebundenen Wassers, die die Kuchenproben-Luftlagerung der zweifelhaften oder an der Luft zerfallenen Portlandcemente zeigen, beweist in völliger Übereinstimmung mit den Ergebnissen der beschleunigten Volumenbeständigkeitsversuche* (vergl. Seite 206 u. f.) *dass die von uns beobachteten und in ihrem Verhalten näher studierten Portlandcemente nicht zufolge Wassermangel oder*

durch äussere Umstände bedingt — z. B. durch ausserordentliche Trockenwirkung der Atmosphäre — schadhaft wurden, und dass somit die Ursache ihres vorzeitigen Ruins in ihrer physikalisch-chemischen Beschaffenheit zu suchen sei.

9. Änderungen des Kohlensäure- und Wassergehalts lufttreibender Portlandcemente.

Die Änderungen des CO_2- und H_2O-Gehalts lufttreibender Portlandcemente während ihrer Luftlagerung ist zur Zeit nicht gelungen mit Sicherheit festzustellen. Die ersten bezüglichen Arbeiten hat Hr. Dr. *Heintzel*-Lüneburg im Frühjahre 1889 ausgeführt; die späteren mussten im analytisch-chemischen Laboratorium des eidg. Polytechnikums durch die HH. Prof. Dr. *Treadwell* und *A. Koch* ausgeführt werden. Aus diesem Grunde war es nicht möglich, den vergleichenden Analysen ein und dieselben Teile der Kuchenproben zu Grunde zu legen und wäre auch nicht immer möglich gewesen die Analysenproben stets ein und derselben Stelle der Kuchen zu entnehmen. Auch war eine Vereinbarung in der Methode der CO_2- und H_2O-Bestimmung vorangehend nicht getroffen, so dass den Zahlenwerten der nachstehenden Tabelle nur relativer Wert beizumessen ist. Immerhin gibt dieselbe unverkennbar kund, dass in den 30 Wochen, die zwischen den angezogenen Arbeiten des Herrn

Lauf. No.	Alter der Proben zur Zeit Treadwell's Analysen	Dr. Heintzel's Befund		Prof. Dr. Treadwell's Befund	
		CO_2	H_2O	CO_2	H_2O
		berechnet auf bei 100° C. getrocknete Substanz			
		%	%	%	%
1	c. 3 Jahre; 7 Monate	12,13	3,01	12,37	2,67
2	„ 2 „ 5 „	12,09	4,16	12,60	3,42
3	„ 2 „ 4 „	12,27	4,18	11,63	3,59
4	„ 2 „ — „	12,16	2,25	10,86	2,38
5	„ 1 „ 9 „	12,49	3,13	9,70	2,90
6	„ 1 „ 3 „	7,55	6,63	10,16*	2,43*
7	„ 1 „ 1 „	8,93	6,51	10,44	2,79
8	„ — „ 10½ „	—	—	11,56*	2,16*

Dr. *Heintzel* und Prof. Dr. *Treadwell* liegen, eine entschiedene Veränderung im Materiale vorgegangen ist, die um so erheblicher erscheint, als *Treadwell* seine Proben bis auf die mit *) bezeichneten der Mitte der Kuchenproben entnahm.

c. Einfluss löschfähiger Körper auf die Volumenbeständigkeitsverhältnisse des Portlandcements.

Als löschfähige Körper können im Portlandcement auftreten: Der *Ätzkalk* und die *Magnesia*. Letztere soll in vorliegender Arbeit unberücksichtigt bleiben, weil *Portlandcemente* unserer Versuchsreihen nur unschädliche Mengen an Magnesia enthalten. Ganz frei von löschfähigem Kalke ist nach unserer Überzeugung überhaupt kein Portland. Es sei dies in der Meinung hervorgehoben, dass, wenn in Folgendem vom löschfähigen Kalke gesprochen wird, quantitativ nur derjenige verstanden sei, der früher oder später schädliche Volumenveränderungen zu erzeugen im Stande ist. Auch sei zum voraus bemerkt, dass die an den Probekörpern beobachteten Ausblühungen, Warzenbildungen etc. einfach als *Löschprodukte* bezeichnet werden sollen, einerlei, ob diese zufolge mangelhafter Zusammensetzung und Aufbereitung der Rohmaterial-Komponenten auftreten oder Folge sind eines mangelhaften Brandes und sorgloser Sortage des Ofenguts.

Je nach der Brenndauer, den Temperaturverhältnissen des Ofens zeigt bekanntlich der Kalk im Allgemeinen, namentlich aber wenn dieser in Berührung mit Eisenoxyd gewesen, verschiedenartiges Verhalten zum Wasser und der Kohlensäure. Da nun im Portlandcement-Rohmaterial der Kalk mit dem Eisenoxyd der Thonsubstanz in Berührung gelangen muss, die Brandtemperatur desselben zur Bildung von Kalkferraten mehr als genügt, da ferner die Beobachtung vorlag, dass zweifelhafte Portlandcemente nicht selten selbst nach längerer Wasserlagerung an der Luft Ausblühungen, Warzenbildungen zeigen können, lag der Gedanke nahe, den Versuchen, statt regelrecht gebrannten Ätzkalk — welcher überdies selbst bis auf 12 % dem Portlandcement zugesetzt keine Nachteile erzeugt, wenn nur seine Korngrösse genügend klein gewählt wird — *ungare Cementmasse* zu Grunde zu legen; sie versprach überdies diejenige Erscheinung wiederzugeben, die sich bei Anwendung des schwer zu be-

schaffenden, durch Eisen teilweise abgetödteten Kalkes ergeben haben würden. Ausserdem war es einleuchtend, dass *ungare Cementmasse* die beobachteten Erscheinungen getreuer nachzubilden im Stande sein würde, vorausgesetzt, dass in der ganzen Frage der Nachlöschprozess löschfähiger Körper überhaupt etwelche Rolle spielt.

Die Beschaffung ungarer Cementmasse konnte keine Schwierigkeiten bereiten, wohl aber die Entscheidung, welchen *Grad von Ungarheit* den Versuchen zu Grunde zu legen sei. Hier fehlte jeder praktische Anhaltspunkt und so blieb nichts übrig, als aus den zahlreichen Übergängen des *Ungaren* zwei möglichst scharf ausgeprägte Sorten willkürlich auszuwählen. Wir beschlossen:

1. *die calcinierte, hellgelblich erdig-körnige Cementmasse,* wie solche als «*Ungares*» in den äussersten Schichten periodisch arbeitender Schachtöfen vorzukommen pflegt;

2. das *Halbgare,* jene bräunliche, körnige, schwache Übergänge zur Sinterung zeigende Cementmasse, wie solche in scheinbar gut gesinterten, doch spezifisch leichten Klinkern als «*Kern*» vorkommt, den Versuchen zu Grunde zu legen.

Das vorstehend beschriebene «Ungare» und «Halbgare» lieferte eine schweizerische Portlandcement-Fabrik. Es wurde in eisernen Mörsern zerstossen, nachdem beim Halbgaren die anhaftende, meist gut gesinterte Umhüllung entfernt worden war. In einer Feinheit der Zerkleinerung, die dem 900 Maschensieb entsprach, wurden diese Materialien 4 tadellosen, vorangehend in jeder Hinsicht sorgfältig geprüften Portlandcementen mit verschiedenartiger Kraftentfaltung in Mischungsverhältnissen von 100 Gewichtsteilen Cement: 10 Gewichtsteile Zuschlag hinauf bis zu 100 : 80 zugesetzt und sind die so gewonnenen Gemenge unverzüglich zu Probekörpern der Volumenbeständigkeitsversuche verarbeitet, sodann selbstredend in jeder Hinsicht normengemäss weiter behandelt worden.

Folgende Tabelle giebt eine Übersicht über die Eigenschaften der bei vorliegenden Versuchen benutzten *Portlandcemente:*

Lauf. No.	Eingang des Materials	Spez. Gewicht	Glühverlust	Volumenbeständigkeitsversuche	Rückstand a. 900 Sieb	Bindezeit	Normenfestigkeit Zug		Druck	
						St. M.	7 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.
			%		%					
1	28. V. 1889	3,13	1,99	bestanden	1,8	13 –	—	29,3	—	292,9
2	8. V. 1889	3,08	2,33	„	2,6	18 –	15,5	19,2	106,9	170,3
3	20. II. 1889	3,02	3,39	„	0,8	24 –	13,6	24,8	126,1	213,3
4	6. IV. 1889	3,02	3,88	„	9,4	13 –	10,8	13,4	81,3	131,5

Das *Halbgare* hatte im Mittel aus 3 übereinstimmenden Versuchen

ein *spez. Gewicht* von $\gamma = 3{,}16$

einen Glühverlust von $= 1{,}44\ \%$.

Folgende tabellarische Zusammenstellungen enthalten die bisher gewonnenen Resultate:

Mischungen von Portlandcementen mit „halbgarem“ Klinkermehl.

Mischungen von Portlandcement

Misch.-Verhältnisse in Gew.-Teilen	Verhalten der Probekörper bei den Volumen-				
	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Zeit der Beobachtung	Kuchenprobe, Wasserlagerung
				Nach:	
100 C : 0 K	bestanden	bestanden	bestanden	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				62 „	„
100 C : 10 K	bestanden	bestanden	fein netzrissig	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				62 „	„
100 C : 20 K	mürbe netzrissig	fast bestanden	mürbe, netzrissig	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				62 „	„
100 C : 30 K	verkrümmt, mürbe, netzrissig	fast bestanden	zerfallen	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				62 „	„
100 C : 40 K	nach $3^3/_4$ Std. mürbe, zerreiblich	kreisrissig m. meridionalen Anrissen	nach $3^3/_4$ Std. zerfallen	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				62 „	fast bestanden, schw. geworfen
100 C : 60 K	nach $3^1/_4$ Std. zerfallen	stark rissig	nach $3^1/_4$ Std. zerfallen	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	Kuchen schw. geworfen; Kantenfestigkeit lässt nach.
				6 „	Wie vorher; Kanten ziemlich fest.
				62 „	Schw. geworfen; weiss geadert.
100 C : 80 K	zerfallen (innerhalb 3 Stunden)	klaffende Risse	zerfallen (innerhalb 3 Stunden)	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	Zeigt etwelche Ausblühungen.
				2 Monaten	Kuchen geworfen; netz- und kantenrissig; Kanten mürbe.
				6 „	Wie vorher, doch kräftiger ausgeprägt.
				62 „	Schw. geworfen; weiss geadert.

No. 1 und halbgarem Klinkermehl.

eständigkeitsproben u. z. bei der

Kuchenprobe, Luftlagerung	Kuchenprobe, Luftlagerung nach 7-tägiger Wasserlagerung
bestanden	bestanden
"	"
"	"
"	"
"	"
Bräunlich gefärbt; Spuren von Ausblühungen.	"
" " " " "	
Besät mit Ausblühungen; Flächen eben; Kanten fest.	Geringfügige Ausblühungen; sonst tadellos.
" " " " " " "	" " " "
Unverändert.	Unverändert.
Bräunlich gefärbt; Spuren von Ausblühungen.	
" " " " "	
Besät mit Ausblühungen u. Warzenbildungen; M. fest.	Vereinzelte Warzenbildungen; Material fest.
" " " " " " "	Besät mit Warzen, Ausblühungen u. Abschieferungen. Kanten fest.
Total rissig; Material mürbe; zerreiblich.	Fast unverändert; Kanten stellenweise mürbe.
Spuren von Warzen und Ausblühungen.	
Vereinzelte Warzen und Ausblühungen.	
Zahlreiche Ausblühungen und Warzenbildungen.	Vereinzelte Warzenbildungen; Material fest.
Wie vorher; Kanten fest.	Bedeckt mit ziemlich zahlreichen Warzen und Abschieferungen.
Inzwischen zerfallen.	Wie vorher; am Plattenrand rissig.
Spuren von Warzen und Ausblühungen.	
Vereinzelte Warzen und Ausblühungen.	
Zahlreiche Ausblühungen und Warzenbildungen.	Vereinzelte Warzenbildungen; Material fest.
Platte schwach gekrümmt; sonst wie vorher; Kanten beginnen mürbe zu werden.	Bedeckt mit ziemlich zahlreichen Warzen und Abschieferungen.
Inzwischen zerfallen.	**Inzwischen zerfallen.**
Spuren von Warzen und Ausblühungen.	
Vereinzelte Warzen und Ausblühungen.	Vereinzelte Warzen und Ausblühungen.
Bedeckt mit zahlreichen Ausblühungen und Warzen; Kuchen schw. gekrümmt; Kantenfestigkeit lässt nach.	
Alles wie vorher, doch deutlicher ausgeprägt; Kanten mürbe.	Bedeckt mit Ausblühungen und Warzen; Kantenfestigkeit lässt nach.
Inzwischen zerfallen.	**Inzwischen zerfallen.**
Spuren von Warzen und Ausblühungen.	
Vereinzelte Warzen und Ausblühungen.	
Bedeckt mit zahlreichen Ausblühungen und Warzen; Kuchen schw. gekrümmt; Kantenfestigkeit lässt nach.	Ziemlich zahlreiche Warzen u. Ausblühungen; Kuchen schwach geworfen; Kanten schwach netzrissig.
Stark geworfen; zahlr. Ausblühungen und Warzen. Kanten anrissig und cohäsionslos.	Bedeckt mit Ausblühungen und Warzen; netzrissig; schwach geworfen; Kanten beginnen mürbe, zerreiblich zu werden.
Inzwischen zerfallen.	**Inzwischen zerfallen.**

Mischungen von Portlandcement

Misch.-Verhältnisse in Gew.-Teilen	Beschleunigte Volumenbeständigkeitsproben			Zeit der Beobachtung	Verhalten der Probekörpe
	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe		Kuchenprobe, Wasserlagerung
100 C:0 K	bestanden	bestanden	bestanden	Nach 24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				62 „	„
100 C:10 K	Probe zeigt zahlr. Ausblühungen u. Warzenbildg.	schalenf. Ablös. 1 Körper anriss.	nach 8 Std. netzr.; mürbe.	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				62 „	„
100 C:20 K	netzr. mürbe	fein anrissig	nach 4 Stdn. netzr., mürbe.	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				62 „	„
100 C:30 K	netz-u.kanten-rissig, gewrf., mürbe	ziemlich stark rissig	nach c. 5 Std. zerfallen	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	Spuren von Ausblühungen, ein Kuchen etwas geworfen.
				2 Monaten	Netzrissig; geworfen; Kanten brüchig, zerreiblich.
				6 „	Wie vorher; stärker ausgeprägt.
				62 „	Wie vorher; Material fest.
100 C.40 K	nach c. 4 Std. zerfallen	stark rissig	nach c. 4 Std. zerfallen	24 Stunden	Bestanden; Material mürbe.
				7 Tagen	Kantenrissig; Material mürbe.
				2 Monaten	Wie vorher; doch kräftiger ausgeprägt.
				6 „	Desgleichen.
				62 „	„ Material fest.
100 C:60 K	innerh. 3 Std. zerfallen	klaffende Risse	innerhalb 3 1/2 Std. zerfallen	24 Stunden	Bestanden, Material mürbe.
				7 Tagen	Geworfen; netzrissig, mürbe.
				2 Monaten	Mürbe, weich, zerfällt.
				6 „	Nach 4 Mon. gänzlich zerfallen.
				62 „	„ „ „ „ „
100 C:80 K	wie vorher zerfallen	klaffende Risse	wie vorher	24 Stunden	Bestanden; Material mürbe.
				7 Tagen	Geworfen; netzrissig; mürbe.
				2 Monaten	Gänzlich zerfallen.
				6 „	Nach 4 Mon. gänzlich zerfallen.
				62 „	„ „ „ „ „

No. 2 mit halbgarem Klinkermehl.

Volumenbeständigkeitsproben u. z. bei der Kuchenprobe, Luftlagerung	Kuchenprobe, Luftlagerung nach 7-tägiger Wasserlagerung
Bräunlich gefleckt; sonst bestanden.	bestanden
„ „ „ „	„
„ „ „ „	„
„ „ „ „	„
„ „ „ „	„
Bestanden; zeigt Spuren von Ausblühungen.	bestanden
„ „ „ „ „	
„ „ „ „ „	
Mit ziemlich zahlr. Ausblühungen u. Warzen bedeckt.	
Kanten ziemlich mürbe; sandet schwach ab.	
Bestanden; zeigt Spuren von Ausblühungen.	
„ „ „ „ „	
„ „ „ „ „	Vereinzelte Ausblühungen, sonst bestanden.
Mit ziemlich zahlr. Ausblühungen u. Warzen bedeckt.	„ „ „ „
Längs den Kanten rissig; mürbe; zerreiblich.	Unverändert.
Bestanden; Spuren von Ausblühungen.	
„ „ „ „	
Schw. geworfen; mässige Ausblühungen; Kanten fest.	Geworfen, netzrissig; Kanten brüchig, zerreiblich.
Schwach geworfen; Ausblühungen reichlicher; Kanten mürbe; zerreiblich.	Wie vorher, doch kräftiger ausgeprägt.
Inzwischen zerfallen.	**Inzwischen zerfallen.**
Bestanden; deutlich ausgeprägte Ausblühungen.	
„ „ „ „	
Schwach geworfen; zahlreiche Ausblühungen; Kantenfestigkeit lässt nach.	Geworfen; stark netzrissig; Material der Kanten mürbe, brüchig.
Wie vorher, doch kräftiger ausgeprägt; Kanten mürbe, zerreiblich.	Wie vorher, doch kräftiger ausgeprägt.
Inzwischen zerfallen.	**Inzwischen zerfallen.**
Bestanden; deutlich ausgeprägte Ausblühungen.	
„ „ „ „	
Schwach geworfen; zahlreiche Ausblühungen; Kanten schwach netzrissig; mürbe.	Geworfen; stark netzrissig; Kanten mürbe, brüchig.
Geworfen; netzrissig; cohäsionslos.	Kuchen cohäsionslos; zerfallen.
Inzwischen zerfallen.	**Inzwischen zerfallen.**
Bestanden; deutlich ausgeprägte Ausblühungen.	
„ „ „ „	
Kuchen geworfen; netzrissig; Kanten mürbe.	
Kuchen bereits nach 4 Monaten zerfallen.	Gänzlich zerfallen.
„ „ „ „ „ „	„ „

Mischungen von Portlandcement

Misch.-Verhältnisse in Gew.-Teilen	Beschleunigte Volumenbeständigkeits-proben			Verhalten der Probekörper bei den	
	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Zeit der Beobachtung	Kuchenprobe, Wasserlagerung
				Nach:	
100 C:0 K	bestanden	bestanden	bestanden	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				65 „	„
100 C:10 K	fein kanten-rissig	bestanden	bestanden	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				65 „	„
100 C:20 K	rissig ziemlich mürbe	bestn., hohler dumpfer Klg.	nach 4 Stdn. mürbe, netz-rissig	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				65 „	„
100 C:30 K	Ausblühungen u. Warzenbild-ungen; netzr. schwach geworfen	fein anrissig auf der geglühten Ste.	nach c. 5 Stdn. zerfallen	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	Kuchen eben; Kanten mässi fest.
				2 Monaten	Netzrissig; Kanten bröcklig.
				6 „	Netzrissig; Material zerreiblich.
				65 „	Wie vorher; Material fest.
100 C:40 K	nach c. 4 Std. zerfallen	fein anrissig auf der nicht geglühten Ste.	nach c. 4 Stdn. völlig zerflln.	24 Stunden	Material mürbe.
				7 Tagen	Spuren v. Werfen; Beginn de Netz- und Kantenrissigkeit.
				2 Monaten	Geworfen; kanten- u. netzrissig Kanten mürbe, zerreiblich.
				6 „	Desgleichen.
				65 „	Wie vorher, zieml. fest, dumpfe Klang.
100 C:60 K	zerfallen	kreis u. meri-dionalrissig	nach c. 3½ Stdn. zu Brei zerfallen	24 Stunden	Kuchen schw. geworfen; Kante mürbe.
				7 Tagen	Geworfen; netzrissig; Materi mürbe.
				2 Monaten	Mürbe, weich, zerfallen.
				6 „	— — — —
				65 „	— — — —
100 C:80 K	zerfallen	starke, klaf-fende unregel-mässige Risse	zerfallen	24 Stunden	Kuchen schw. geworfen; kante u. netzrissig, Material mürb
				7 Tagen	Stark netzrissig; Kuchen b ginnen zu zerfallen.
				2 Monaten	Zu form- und cohäsionslos Masse zerfallen.
				6 „	— — — —
				65 „	— — — —

No. 3 mit halbgarem Klinkermehl.

Volumenbeständigkeitsproben u. z. bei der Kuchenprobe, Luftlagerung	Kuchenprobe, Luftlagerung nach 7-tägiger Wasserlagerung
bestanden	bestanden
"	"
"	"
"	"
bestanden	bestanden
Spuren von Ausblühungen und Warzenbildungen.	
" " " " "	Bestanden; Kuchen zeigen Spuren v. Ausblühungen.
" " " " "	" " " " " "
Unverändert.	Unverändert.
bestanden	
Spuren von Ausblühungen und Warzenbildungen.	
" " " " "	Bestanden; vereinzelte Ausblühungen.
" " " " "	" " "
Wie vorher; Material fest.	Unverändert.
bestanden	
Spuren von Ausblühungen und Warzenbildungen.	
" " " " "	Kuchen schwach geworfen; Beginn d. Netzrissigkeit.
" " " " "	" " " Kantenfestigkeit lässt nach
Unverändert.	Unverändert.
bestanden	
Geringfügige Ausblühungen und Warzenbildungen.	
Kuchen schwach geworfen; sonst wie vorher.	Ziemlich stark geworfen; netz- u. kantenrissig; Kanten ziemlich brüchig und zerreiblich.
" " " " " "	Desgleichen; Erscheinungen weiter fortgeschritten.
Mürbe; Kanten bröcklig; zerfallen.	Ziemlich mürbe; bröcklig; teilweise zerfallen.
Kuchen zeigen geringf. Ausblühngn. u. Warzenbildngn.	
Kuchen zeigen einige radiale Kantenrisse.	
Ziemlich stark geworfen; geringfügige Ausblühungen; netz- und kantenrissig; Kanten ziemlich fest.	Stark geworfen; netz- u. kantenrissig; Kanten zerreibl.
Desgleichen.	Desgleichen; Erscheinungen weiter fortgeschritten.
Ziemlich unverändert.	Ziemlich unverändert.
Kuchen zeigen geringfügige Ausblühungen.	
Geworfen; Beginn der Netzrissigkeit; kantenrissig	Kuchen beim Transport zerfallen.
Stark geworfen; netz- u. kantenrissig; Material mürbe.	— — — — —
Wie vorher; Zerstörung weiter fortgeschritten.	— — — — —
Inzwischen zerfallen.	— — — — —

Mischungen von Portlandcement

Misch.-Verhältnisse in Gew.-Teilen	Beschleunigte Volumenbeständigkeitsproben			Verhalten der Probekörper bei den	
	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Zeit der Beobachtung	Kuchenprobe, Wasserlagerung
				Nach:	
100 C:0 K	bestanden	bestanden	bestanden	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				64 „	„
100 C:10 K	mit Ausblüh. und Warzen bedeckt	fast bestanden	nach 8 St. netzrissig mürbe	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	„
				6 „	„
				64 „	Bestanden; schwach haarrissig.
100 C:20 K	nach 3 3/4 St. rissig, mürbe zerreiblich	Unregelm. Risse auf der nicht geglüht. Seite	nach 3 3/4 St. zerfallen	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	Spuren von Netzrissen; Kanten fest.
				6 „	„
				64 „	Unverändert; fest.
100 C:30 K	nach c. 3 St. netzrissig mürbe	starke Risse von der geglühten Seite ausgehend	nach c. 3 St. zerfallen	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	„
				2 Monaten	Schwach geworfen; Kantenfestigkeit lässt nach.
				6 „	Schwach geworfen, netzrissig; Kanten mürbe.
				64 „	Wie vorher; Material fest.
100 C:40 K	zerfallen	stark rissig	zerkocht	24 Stunden	bestanden
				7 Tagen	Schwach geworfen; netzrissig; Kantenfestigkeit lässt nach.
				2 Monaten	Geworfen; stark netzr.; mürbe.
				6 „	Desgleichen; Material mürbe; zerreiblich.
				64 „	Desgleichen; Material fest.
100 C:60 K	zerfallen	klaffende Risse auf der geglühten Seite	zerkocht	24 Stunden	Material mürbe.
				7 Tagen	Geworfen; stark netzr.; mürbe.
				2 Monaten	Desgl. nur in höherem Masse.
				6 „	Nach 4 Monaten gänzl. zerfallen.
				64 „	— — — —
100 C:80 K	zerfallen	klaffende Risse auf der geglühten Seite	zerkocht	24 Stunden	Material mürbe.
				7 Tagen	Geworfen; netzrissig; Beginn des Zerfallens.
				2 Monaten	Gänzlich zerfallen.
				6 „	— — — —
				64 „	— — — —

No. 4 mit halbgarem Klinkermehl.

bei den Volumenbeständigkeitsproben u. z. bei der

Kuchenprobe, Luftlagerung	Kuchenprobe, Luftlagerung nach 7-tägiger Wasserlagerung
bestanden	bestanden
"	"
"	"
Desgl.; Material zeigt Spuren von Ausblühungen.	"
Unverändert.	"
bestanden	
Kuchen zeigen Spuren von Ausblühungen.	
Kuchen zeigen mässige Ablösungen u. Ausblühungen, Kanten fest.	Bestanden; Kuchen zeigen vereinzelte Ausblühungen.
Desgleichen; Kantenfestigkeit lässt nach.	" " " " "
" Kanten ziemlich mürbe.	Unverändert; Material fest.
bestanden	
Kuchen zeigen Ausblühungen u. einzelne Einsprenglinge.	
Kuchen zeigen mässige Ausblühungen; Kanten intakt; fest.	Bestanden; Kuchen zeigen vereinzelte Ausblühungen.
Schwach geworfen; bedeckt mit Ausblühungen und Warzen; Kantenfestigkeit lässt nach.	Desgleichen; Kanten fest.
Inzwischen zerfallen.	Kuchen rissig; Material ziemlich fest.
Spuren von Warzen und Ausblühungen.	
" " " " "	
Kuchen netzrissig, schwach geworfen; mürbe.	Kuchen netzrissig; geworfen; Kanten brüchig; zerreiblich.
Bedeckt mit Ausblühungen; Kanten netzrissig, mürbe, zerreiblich.	Desgleichen, doch in höherem Masse ausgeprägt.
Inzwischen zerfallen.	**Inzwischen zerfallen.**
Besät mit kleinen Ausblühungen.	
" " " "	
Geworfen, netzrissig; Kanten mürbe; zerreiblich.	Geworfen; netz- und kantenrissig; Material mürbe, zerreiblich.
Desgleichen; Kanten cohäsionslos.	Desgleichen; doch in höherem Masse ausgeprägt.
Inzwischen zerfallen.	**Inzwischen zerfallen.**
Besät mit kleinen Ausblühungen.	
" " " "	
Geworfen, netz- und kantenrissig; Kanten mürbe, zerreiblich.	Geworfen u. rissig; gänzlich weich, mürbe, zerreiblich.
Kuchen gänzlich zerfallen.	Desgleichen; doch in höherem Masse ausgeprägt.
— — — — —	**Inzwischen zerfallen.**
Besät mit kleinen Ausblühungen.	
Desgleichen; geworfen, schwach netz- und kantenrissig.	Geworfen und rissig; Material mürbe, weich, zerreiblich.
Geworfen; stark netzr.; Material mürbe; zerreiblich.	**Kuchen gänzlich zerfallen.**
Material bereits nach 4 Monaten völlig cohäsionslos.	— — — — —
— — — — —	— — — — —

Aus vorstehenden Zusammenstellungen geht hervor, dass

1. *alle äussern Erscheinungen, die an lufttreibenden Portlandcementen beobachtet wurden und die das Luftzerfallen der Probekörper einleiten, sich wörtlich auf die künstlichen Gemenge tadelloser Cemente mit halbgarem Klinkermehl übertragen lassen.*

Auf den Probekörpern mit ausschliesslicher Luftlagerung erscheinen Ausblühungen, Warzenbildungen etc., kurz die wiederholt angeführten Produkte des Nachlöschprozesses.

Meist schon nach wenigen Tagen werden Spuren einer bräunlich gefärbten, kohäsionslosen Masse ausgestossen, welche mit wachsendem Alter der Proben zunimmt. Nach mehrmonatlicher Luftlagerung können die Kuchen mit Ausblühungen dieser Art völlig bedeckt erscheinen.

Auf Probekörpern der gleichen Gemenge mit vorangehend 7-tägiger Wasserlagerung erscheint das Auftreten fraglicher Unhomogenitäten der Zeit nach verzögert und quantitativ abgemindert. Die eigentlichen Ausblühungen und Warzenbildungen treten überhaupt mehr zurück.

2. *Hochprozentige Gemenge aus Portlandcement und halbgarem Klinkermehl reagieren im Wasser wesentlich rascher als an der Luft, während umgekehrt Gemenge mit relativ niedrigem Gehalt an halbgarem Klinkermehl im Wasser meist tadellos stehen, an der Luft sich verfärben und durch Ausstossen allerlei Produkte des Nachlöschprozesses scharf gekennzeichnet erscheinen.* Das Quantum und die Beschaffenheit des nachträglich arbeitenden Halbgaren, ferner die Kohäsion des Cements an sich wird das schliessliche Schicksal der Probekörper-Luftlagerung bestimmen. Sie können an der Luft noch zerfallen, während die korrespondierenden Kuchen-Wasserlagerungen tadellos bestehen. Der Grund dieses scheinbaren Widerspruches liegt zweifellos darin, dass einerseits der Nachlöschprozess im Wasser sich rascher vollzieht und zeitlich wohl noch in eine Erhärtungsphase des Materials fallen wird, in welcher die Substanz den Übergang in feste Aggregatform noch nicht vollendet hat; anderseits die Produkte des Nachlöschprozesses aus den Porenkanälen herausgelaugt, teilweise auch durch das Wasser aufgelöst werden, während *sie in der Kuchen-Luftlagerung Spannungen erzeugen,* die bei genügender Intensität zu Rissbildungen führen müssen.

3. *Je nach Beschaffenheit des verwendeten Cementmaterials wird der Zuschlag an halbgarem Klinkermehl selbst in schwachen Mischungen, bei welchen die Kuchenprobe-Wasserlagerung nicht mehr reagiert, durch die beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben mehr oder weniger scharf angezeigt. Hiermit ist der experimentelle Beweis erbracht, dass in völliger Übereinstimmung mit unsern bisherigen Beobachtungen, im Handel Portlandcemente vorkommen können, die die beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben nicht bestehen, im Wasser jedoch tadelloses Verhalten zeigen.*

Als Konsequenz der vorstehend angeführten Thatsachen folgt weiter, dass

4. *die einfache Kuchenprobe-Wasserlagerung zur Kennzeichnung der Materialqualität, und ganz speziell zur Kennzeichnung der Volumenbeständigkeitsverhältnisse des Portlandcementes überhaupt nicht genügt, es wäre denn, dass man auch Gemenge aus tadellosem Klinkermehl mit dem gefährlichen Halbgarem, sie möge aus mangelhafter Aufbereitung, mangelhaftem Brand oder aus einem Mischverfahren herrühren, mit als «Normalfabrikat» erklärt.*

Unter den beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben ist die entsprechend organisierte Kochprobe, weil vom Feuchtigkeitsgrade der Versuchskörper unabhängig, die zuverlässigste. Fast gleichwertig erscheint die kombinierte Dampfdarrprobe. Beide Methoden gestatten schädliche Mengen halbgaren Klinkermehls mit Sicherheit zu erkennen.

Mischungen von Portlandcementen mit „ungarer“ Cementmasse.

Ähnlich dem Einflusse des «*Halbgaren*» sollte in einer 2. Versuchsreihe auch der Einfluss des «*ungaren Ofenguts*» auf die Volumenbeständigkeitsverhältnisse des Portlandcements näher studiert werden. Zu diesem Ende wurden Mischungen in Verhältnissen 100:0 bis 100:50 (Gew.-Teile) mit ungarem Klinkermehl, vgl. Seite 251 und 252, angefertigt und in normaler Weise den Volumenbeständigkeitsproben unterworfen.

Unmittelbar nach Empfang wurde das Ungare sortiert. rasch zerkleinert, am 900ter Maschensieb abgesiebt und das so gewonnene Mehl in luftdicht schliessende Pulverflaschen gefüllt. Nach Abschluss der Mehlbereitung wurde unverweilt mit der Erzeugung der Versuchskörper für die Volumenbeständigkeitsversuche begonnen. Gleichzeitig liess der Berichterstatter weitere Kuchenproben anfertigen, welche die ersten 24 Stunden normengemäss feucht gelagert wurden und von welchen die eine Hälfte an der Luft, die andere in der Absicht unter Wasser gesetzt werden sollte, um speziell an diesen Probekörpern die *Wasser-* und *Kohlensäureaufnahme* während der ersten Phasen des Erhärtungsprozesses zu bestimmen. Zweck dieser speziellen Untersuchung war die Kontrolle der auf Seite 262 und 263 zusammengestellten Versuchsergebnisse; denn waren die Schlussfolgerungen zutreffend, so war zu erwarten, dass die eingeleitete Untersuchung, jedoch ausgeprägter, als dies bei einfachen Lufttreibern oder künstlichen Mischungen von Portlandcementen und halbgarem Klinkermehl der Fall sein konnte, die Beziehungen zwischen Hydratisierung, Kohlensäure-Aufnahme und den Volumenbeständigkeits-Verhältnissen des Materials zum Ausdrucke bringen wird.

Die vorstehend angedeutete Untersuchung wurde indessen in ihrem ganzen Umfange nicht zu Ende geführt; sie wurde einerseits durch das Verhalten der Gemenge in den normengemässen Volumenbeständigkeitsproben, sowie bei den be-

schleunigten Versuchen teilweise gegenstandslos, anderseits ergaben die Analysen derartig übereinstimmende H_2O- und CO_2-Aufnahmen, dass die Ausdehnung der Arbeit auf die zu Grunde gelegten 4 Portland-Sorten völlig nutzlos erschien.

Bezüglich der Ergebnisse der Volumenbeständigkeitsproben ist Folgendes anzuführen:

a. *Normenprobe - Wasserlagerung:* Sämtliche Platten mit 10 % und mehr Zuschlag sind schon innerhalb der ersten 7 Tage, die hochprozentigen Gemenge bereits nach 1—3 Tagen netzrissig geworden und zerfallen.

b. *Kuchenprobe-Luftlagerung:* Sämtliche Platten mit mehr als 15 bezw. 25 % Zuschlag sind überhaupt nicht erhärtet, netzrissig geworden und schliesslich zerfallen. Die Gemenge 100 : 10, 100 : 15 zeigen starke Verfärbung, zahlreiche Ausblühungen und Warzenbildungen. Die Platten 100 : 10 sind nach viermonatlicher Luftlagerung ebenflächig und fest; diejenigen 100 : 15 zweifelhaft.

c. *Darr- und Glühprobe:* Die Darr- und Glühprobe haben die Gemenge 100 : 5 bestanden; 100 : 10 zeigt Tendenz zu Treibschäden und erscheinen die bekannten Ausblühungen etc. Die hochprozentigen Mischungen sind in der Darr- und Glühprobe zu Grunde gegangen.

d. *Koch- und Dampfdarrprobe:* In der Kochprobe, sowie in der Dampfdarrprobe haben bereits Gemenge 100 : 5 reagiert; alle andern Gemenge haben diese Proben nicht bestanden.

Bezüglich der CO_2- und H_2O-Aufnahme der an der Luft erhärteten Kuchen wollen wir hier blos eine Versuchsreihe anführen, da, wie erwähnt, für das *nämliche Ungare* die Zahlenwerte bei andern Cementen nur unwesentliche Schwankungen und Abweichungen zeigen.

Der hier in Betracht fallenden Untersuchung lag ein Portlandcement mit folgenden Eigenschaften zu Grunde:

Spezif. Gewicht		3,08
Glühverlust		2,63 %
Volumengewicht,	eingesiebt	1,15 *kg* pro Liter.
»	eingerüttelt	1,83 » » »
Erhärtungsbeginn	7^h	bei 13,7° C. und 30½ % H_2O.
Bindezeit	ca. 21^h	

Sämtliche Volumenbeständigkeitsproben «bestanden».

Rückstand am 900 Sieb: 0,25 %.
» » 4900 » 19,0 %.

Festigkeitsverhältnisse 1 : 3 mit 9¾ % H_2O nach

	7 Tagen	28 Tagen
Zug	10,4 *kg* pro cm^2,	17,3 *kg* pro cm^2.
Druck	102,3 » » »	165,6 » » »

Kohlensäure- und Wasseraufnahme

(berechnet auf bei 100° C. getrocknete Substanz.)

Nach: Gemenge in Gew.-Teilen	12 Stunden CO_2 — H_2O	36 Stunden CO_2 — H_2O	7 Tagen CO_2 — H_2O	28 Tagen CO_2 — H_2O
100 : 0	2,232%–2,351%	2,452%–2,800%	3,756%–2,593%	4,698%–2,386%
100 : 10	1,621 „ –3,245 „	2,037 „ –2,876 „	3,825 „ –2,816 „	3,894 „ –2,531 „
100 : 20	1,790 „ –3,466 „	2,712 „ –2,921 „	3,566 „ –3,049 „	4,864 „ –2,970 „
100 : 30	1,713 „ –4,338 „	3,034 „ –3,995 „	4,904 „ –3,025 „	5,268 „ –2,452 „
100 : 40	1,614 „ –4,279 „	1,785 „ –4,225 „	5,833 „ –3,389 „	6,305 „ –2,976 „
100 : 50	1,694 „ –4,546 „	2,036 „ –4,463 „	6,229 „ –3,466 „	7,391 „ –3,178 „

Zustand der Probekörper

nach

	4-monatlicher Luftlagerung	*ca. 64-monatlicher Luftlagerung*
100 : 0	tadellos;	tadellos.
100 : 10	bedeckt mit Ausblühungen und Warzen; Kanten ziemlich fest;	**inzwischen zerfallen.**
100 : 20	wie vorher; Material mürbe, zerreiblich;	„ „
100 : 30	kohäsionslos;	„ „
100 : 40	total zerfallen;	— —
100 : 50	„ „	— —

Aus vorstehenden Versuchsresultaten geht hervor:

1. *Gemenge aus tadellosen Portlandcementen mit ungarem Klinkermehl sind schon bei einem relativ geringfügigen Gehalt an ungarem Klinkermehl sowohl an der Luft wie unter Wasser gefährlich.*

2. *Hochprozentige Gemenge dieser Art erhärten überhaupt nicht; sie zeigen schon nach 1—2-tägiger Luftlagerung Treibschäden.*

3. *Geringprozentige Gemenge erhärten scheinbar normal, geben jedoch an der Luft wie unter Wasser Treibschäden; unter Wasser erscheinen diese früher als an der Luft.*

4. *Die beschleunigten Volumenbeständigkeitsversuche, insbesondere die Koch- und Dampfdarrprobe, bestehen die Gemenge im allgemeinen schlecht.*

5. *Mit wachsendem Zuschlag an Ungarem wächst die anfängliche Wasseraufnahme. Schon nach 24-stündiger Luftlagerung beginnt unter Wasserabgabe die Aufnahme atmosphärischer Kohlensäure. Beim ungemischten Cement sinkt der Wassergehalt nach 28 Tagen auf denjenigen, welchen das Material nach 12-stündiger Feuchtlagerung besass, während gleichzeitig die Kohlensäure von 2,23 % auf 4,70 % gestiegen ist. Bei einer Mischung von 100 : 50 sinkt der Wassergehalt im gleichen Zeitraume von 4,55 % auf 3,18 %, während die Kohlensäure von 1,69 % auf 7,39 % gewachsen ist.*

6. *Der Wassergehalt der Kuchenproben des ungemischten Portlandcementes beträgt nach 28-tägiger Erhärtung in freier Atmosphäre unseres Laboratoriums 2,39 %, derjenige des Gemenges 100 : 50 dagegen 3,18 %, ist somit blos um 24,8 % grösser als der erstere. Dessen ungeachtet befinden sich die Kuchenproben-Luftlagerung des reinen Portlandcements in tadellosem Zustande, während diejenigen des Gemenges schon nach wenigen Tagen total zerfallen sind.* Hieraus geht in völliger Übereinstimmung mit dem Befund auf Seite 248 hervor, dass

7. *die Ursachen der Erscheinungen des Luftzerfallens von Portlandcementen nicht in der aufgenommenen Kohlensäure, wohl aber darin ihren Grund haben, dass dieselben löschfähige Körper enthalten, die von fehlerhafter Rohmaterialaufbereitung, fehlerhaftem Brand des Rohmaterials oder mangelhafter Sortage des gebrannten Materials herrühren.* In vollkommener Übereinstimmung hiermit steht die Erfahrung, dass Cemente, herrührend aus der Fabrik, die mit grossen Massen arbeiten, sorgfältige Aufbereitung des Rohmaterials besitzen, richtig brennen und sorgfältig sortieren, keine Lufttreiber geben.

5. Resultate
der Untersuchungen der Abbindeverhältnisse.

a. Allgemeines.

Bevor irgend welche Arbeiten auf dem Gebiete der Untersuchung der Abbindeverhältnisse hydraul. Bindemittel angebahnt werden konnten, erschien es unerlässlich einen Einblick in die Erhärtungsvorgänge selbst zu gewinnen. Zu diesem Ende wurde unter zu Grundelegung des in Fig. 12 abgebildeten Apparats mit Cementen verschiedener Gattung und Herkunft eine grössere Reihe von Abbindeproben ausgeführt, welche wir nicht unterlassen können im Auszuge an dieser Stelle wiederzugeben.

Unter thunlichster Einhaltung der angenommenen Normalkonsistenz und einer gleichwertigen Durcharbeitung des Cementbreies, wurden die Dosen des Apparats strichgerecht gefüllt, in den Apparat eingelagert und nun Minute für Minute sowohl der Stand des Thermometers als der Widerstand gegen das Eindringen der Nadel unter ihrem Eigengewicht erhoben und registriert. Beobachtet wurde also neben den Änderungen der Lufttemperaturen, die Temperatur des ursprünglich auf Lufttemperatur gebrachten Cementbreies sowie der Abstand der Nadelbasis über der Bodenplatte der Dose. Anfänglich erschien das Thermometer in der Regel stationär, bald stieg es proportional der Zeit, bald traten Unregelmässigkeiten auf; die Nadel sank bis auf die Bodenplatte. Nach Verlauf einiger Zeit begann dasselbe verhältnismässig stark zu steigen, während gleichzeitig allmälig, oft zusehens, der ursprünglich plastische-weiche Cementbrei in einen starren, für die Nadel undurchdringlichen Zustand überging. Der Widerstand gegen Einwirkungen der Nadel wächst bis schliesslich der Moment erreicht ist, wo das Nadelgewicht ohne Eindrücke zu hinterlassen, getragen wird. In-

zwischen stieg das Thermometer, erreichte allmälig seinen höchsten Stand um sodann wieder zu sinken und schliesslich den ursprünglichen einzunehmen; vorausgesetzt, dass die Lufttemperatur während der Beobachtung unverändert geblieben ist.

Die Ergebnisse der Messungen wurden graphisch dargestellt. Reproduktionen dieser Darstellungen für einige Cemente enthält die beigeheftete Taf. VII. Die graphische Darstellung des Verlaufs des Erhärtungsprozesses eines langsam bindenden Portlandcementes bei verschiedenen Temperaturen, vergleiche Taf. VIII. Als Abscissen in den einzelnen Figuren erscheinen die Zeiten, als zugehörige Ordinaten, *die Temperaturdifferenzen, ihre Summe, endlich der jeweilige Abstand der Nadelbasis über der Bodenplatte* der Dose eingetragen. So sind beziehungsweise die «*Kurven der Temperaturdifferenzen*», «*die Kurven der Temperaturerhöhung*» endlich die stark ausgezogenen «*Erhärtungskurven*« entstanden, welche einen recht interessanten Einblick in die Erhärtungsvorgänge hydraul. Bindemittel gestatten. Man sieht, dass die mit der Wasseraufnahme des Bindemittels zusammenhängende Temperaturerhöhung des Cementbreies schon bald nach dem Anmachen beginnt, dass die Temperaturdifferenzen anfänglich und bis zum Momente zwischen ziemlich engere Grenzen schwanken, wo die «*Erhärtungskurven*» sich von den Abscissenaxen ablösen. Von diesem Zeitpunkte an wachsen die genannten Temperatur-Differenzen rasch und erreichen ihren grössten Wert gewöhnlich noch innerhalb der Strecke des steilen Anstiegs der Erhärtungskurve; nur in einzelnen Fällen fiel das Maximum der Temperatur-Differenzen in die Übergangsstelle der Kurve und ihres obern, zur Abscissenaxe parallel verlaufenden Aste. In diesem Intervalle der Erhärtungskurve nehmen die Temperatur-Differenzen mehr oder weniger stetig ab und werden schliesslich negativ. Das Nullwerden der fraglichen Differenzen findet dort statt, wo die Wärmeentwicklung des Cementbrei's gleich ist der an die Gefässwandungen und die atmosphärische Luft abgegebenen Wärmemenge und das Thermometer zu sinken beginnt. Dass die Ordinate des Schnittpunktes der Abscissenaxe mit der Kurve der Temperatur-Differenzen dem Maximum der absoluten Temperaturerhöhung entspricht, ist selbstverständlich.

Die Kenntnis des Verlaufs der Erhärtungskurve berichtigte zunächst unsere Manipulation bei Verarbeitung der hydraulischen

Bindemittel zu Probekörpern; wir haben Veranlassung genommen, die Arbeiten so einzurichten, dass die Herstellung der Probekörper regelmässig innerhalb der Zeit vom Anmachen bis Eintritt des Erhärtungsbeginnes erledigt wurde.

Den Wert und die praktische Bedeutung der gewonnenen Resultate näher zu prüfen, haben wir eine Reihe von Zeitproben mit Normenmörteln bei 7- und 28-tägiger Wasserlagerung durchgeführt. Von diesen seien die folgenden angeführt:

α. **Romancement von Tröger, Wallenstadt.**

Erhärtungsbeginn: — St. 4 Min., Bindezeit: — St. 11½ Min.

Sorte A: Mörtel 1:3; normal innerhalb 3 Minuten verarbeitet.

Sorte B: » » angemacht, 3½ Minuten stehen gelassen, sodann innerhalb 7 Min. verarbeitet.

	Sorte A.		Sorte B.	
Nach:	7 Tagen	28 Tagen	7 Tagen	28 Tagen
Zugfestigkeit:	10,5 *kg* p. *cm*²;	12,1 *kg* p. *cm*²;	8,8 *kg* p. *cm*²;	10,5 *kg* p. *cm*²
Druckfestigkeit:	74,2 »	109,3 »	67,7 »	78,7 »

Die Abnahme der normengemässen Sandfestigkeit beträgt somit beim Eintritt der Verarbeitung des Mörtels in die Erhärtungsperiode:

n. 7 Tagen: 17,4% d. urspr. Zug-, u. 8,8% d. urspr. Druckfestigkeit
» 28 » 17,3% » » » » 27,9% » » »

β. **Romancement von Gebr. Leuba in Noiraigue.**

Erhärtungsbeginn: — St. 4 Min,, Bindezeit: — St. 11 Min.

Sorte A: Mörtel 1:3 normal, innerhalb 4 Minuten stückweise verarbeitet.

Sorte B: » » angemacht, 3 Minuten lang durchgearbeitet, hierauf stehen gelassen und innerhalb 9—10 Minuten stückweise verarbeitet.

	Sorte A.		Sorte B.	
Nach:	7 Tagen	28 Tagen	7 Tagen	28 Tagen
Zugfestigkeit:	10,4 *kg* p. *cm*²;	17,9 *kg* p. *cm*²;	5,9 *kg* p. *cm*²;	13,2 *kg* p. *cm*²
Druckfestigkeit:	114,8 »	160,7 »	55,1 »	81,4 »

Die Abnahme der normengemässen Sandfestigkeit beträgt somit beim Eintritt der Mörtel-Verarbeitung in die Erhärtungsperiode:

n. 7 Tagen: 42,3% d. urspr. Zug-, u. 52,0% d. urspr. Druckfestigkeit
» 28 » 52,0% » » » » 49,3% » » »

γ. **Romancement von Käpfnach.**

Erhärtungsbeginn: — St. 5 Min., Bindezeit: — St. 10 Min.

Sorte A: Mörtel 1 : 3 normal, innerhalb 4 Minuten stückweise verarbeitet.

Sorte B: » » angemacht, innerhalb 3 Minuten stückweise verarbeitet.

	Sorte A.		Sorte B.	
Nach:	7 Tagen	28 Tagen	7 Tagen	28 Tagen
Zugfestigkeit:	9,5 *kg* p. *cm*²;	15,3 *kg* p. *cm*²;	7,4 *kg* p. *cm*²;	14,3 *kg* p. *cm*²
Druckfestigkeit:	81,5 »	94,0 »	48,6 »	61,6 »

Die Abnahme der normengemässen Sandfestigkeit des Cementes Käpfnach beträgt beim Eintritt der Mörtelverarbeitung in die Erhärtungsperiode:

n. 7 Tagen: 22% d. urspr. Zug-, u. 40,6% d. urspr. Druckfestigkeit
» 28 » 6,7% » » » » 34,5% » » »

Aus vorliegenden Versuchsserien, welche durch weitere ähnliche Versuchsreihen ergänzt werden könnten, geht hervor, dass mit Eintritt der Mörtelverarbeitung in die Erhärtungsperiode, die Festigkeit des Produkts bis auf 50 % des ursprünglichen Betrages abgemindert werden kann.

b. Einfluss der Temperatur auf den Abbindevorgang hydraul. Bindemittel.

Zweck der Untersuchung des Einflusses der Temperatur auf den Abbindevorgang hydraul. Bindemittel war die Erforschung der Abhängigkeitsverhältnisse des Erhärtungsbeginnes und der Bindezeit zur herrschenden Lufttemperatur. Die Arbeit ist unternommen worden, einmal um Reduktions-Koeffizienten zu erlangen, die gestatten sollten, die bei beliebiger Temperatur erhobenen

Zeiten für den Eintritt des Erhärtungsbeginnes und der vollständigen Abbindung (Bindezeit) auf die gewählte Normaltemperatur, auf die Temperatur von 15^0 *C.* zu reduzieren, dann aber um das Verhalten der Bindemittel bei niedrigen Temperaturen kennen zu lernen.

Für einzelne Bindemittel ist es gelungen, die gewonnenen Resultate in ein abgebraisches Gewand zu kleiden, welches innerhalb gewisser Grenzen gestattet die einer Temperatur entsprechenden Zeiten für den Erhärtungsanfang uns die Bindezeit recht genau vorauszubestimmen, also auch rückwärts, die angestrebte Reduktion auf Normaltemperatur auszuführen. So lässt sich z. B. für den Portlandcement von Vigier, vergl. Fig. 1 bis 3 der graphischen Darstellungen auf Taf. VIII

der Erhärtungsbeginn: *die Bindezeit:*

ausdrücken durch:

$$t_o = \frac{90{,}0}{4{,}0 + C^0} - 1{,}5 \qquad t = \frac{244{,}7}{6{,}1 + C^0} - 1{,}8 \text{ in Min.,}$$

worin:

C die Lufttemperatur also auch die Temperatur des Cementbreies in Celsius-Graden bedeutet. Folgende Tabelle giebt eine Übersicht über die Übereinstimmung der Rechnung und Beobachtung:

Temperatur C⁰	Erhärtungsbeginn				Bindezeit			
	beobachtet		berechnet		beobachtet		berechnet	
	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.
0	21	—	21	—	38	—	38	18
5	9	—	8	30	20	—	20	14
10	5	—	4	56	13	—	12	48
15	3	30	3	14	10	—	9	48
20	2	15	2	15	7	30	7	34
25	1	30	1	36	6	10	6	04
30	1	—	1	08	5	—	4	58
35	—	45	—	48	4	—	4	08
40	—	30	—	32	3	90	3	30
45	—	15	—	20	3	—	2	59
50	—	10	—	10	2	30	2	33

Im Übrigen ergaben die Versuche, dass der Einfluss wechselnder Temperaturen auf die Erhärtungsvorgänge hydraul. Bindemittel sich sehr verschiedenartig gestaltet und es unmöglich ist selbst für ein und dieselbe Gattung der Bindemittel ein allgemein gültiges Gesetz des Abhängigkeitsverhältnisses für die Zeit des Eintritts des Erhärtungsbeginnes oder der Bindezeit aufzustellen. Wir mussten daher von der Ermittlung einheitlicher, algebraischer Ausdrücke für den Eintritt der charakteristischen Phasen des Erhärtungsprozesses Abstand nehmen, und uns auf die Berechnung der Reduktions-Koeffizienten, wie sie am Schlusse dieser Nummer angegeben sind, beschränken.

Romancement von Berthelot d'Uriol, Grenoble. (No. 1).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O+Bit.
23,15%;	8,94%;	3,28%;	52,53%;	2,88%;	3,08%;	3,12%;	1,26%.

Spezif. Gewicht: 3,08; Volumengewichte lose: 0,97 *kg*; eingerüttelt: 1,50 *kg*.

Erhärtungsbeginn: — St. 2 1/2 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: — » 7 » Rückstand am 900-Sieb: 8,0 %.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 19,3 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	9,1 *kg* pro cm^2,	80,8 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	12,9 » » »	114,6 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 31,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	—	7	2,80	—	13	1,86
5	—	4 1/2	1,80	—	9 1/4	1,32
10	—	3 1/4	1,30	—	7 3/4	1,11
15	—	**2 1/2**	**1,00**	—	**7**	**1,00**
20	—	2	0,80	—	6 1/4	0,89
25	—	1 1/2	0,60	—	5 1/4	0,75
30	—	1	0,40	—	5	0,71
35	—	3/4	0,30	—	4 3/4	0,68
40	—	1/2	0,20	—	4 1/2	0,64
45	—	1/4	0,10	—	4 1/4	0,61
50	sofort		0,00	—	4	0,57

Romancement von Berthelot d'Uriol, Grenoble. (No. 2).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O+Bit.
22,46%;	10,14%;	1,67%;	50,02%;	2,70%;	4,62%;	5,10%;	3,11%.

Spezif. Gewicht: 3,05; Volumengewichte, lose: 0,96 *kg*; eingerüttelt: 1,48 *kg*.

Erhärtungsbeginn: — St. 5 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: — » 13 1/2 » Rückstand am 900-Sieb: 4,6 %.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 19,4 %.

Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3 nach 7 Tagen:	9,2 *kg* pro cm^2,	87,1 *kg* pro cm^2,
» » 28 »	11,6 » » »	112,8 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 35,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	—	15	3,00	—	25	1,86
5	—	9 1/2	1,90	—	19	1,41
10	—	6 1/2	1,30	—	15 1/2	1,15
15	—	**5**	**1,00**	—	**13 1/2**	**1,00**
20	—	3 1/2	0,70	—	12	0,89
25	—	2 1/2	0,50	—	10 1/2	0,78
30	—	1 1/2	0,30	—	9	0,67
35	—	3/4	0,15	—	8	0,59
40	—	1/2	0,10	—	7	0,52
45	sofort		0,00	—	6	0,44
50	sofort		0,00	—	5	0,37

Romancement von Delune & Co., Grenoble (No. 1).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O + Bit.
20,85%;	8,90%;	3,80%;	51,46%;	3,75%;	3,42%;	4,05%;	1,55%.

Spezif. Gewicht: 3,18; Volumengewichte, lose: 0,94 *kg*; eingerüttelt: 1,49 *kg*.

Erhärtungsbeginn: — St. 4 1/2 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: — » 9 » Rückstand am 900-Sieb: 13,2 %.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 27,0 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	10,1 *kg* pro cm^2,	83,1 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	12,4 » » »	107,3 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 31 1/4 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	—	9	2,00	—	12	1,33
5	—	6 1/2	1,44	—	10 1/2	1,17
10	—	5 1/2	1,22	—	9 3/4	1,08
15	—	**4 1/2**	**1,00**	—	**9**	**1,00**
20	—	3 3/4	0,83	—	8 1/2	0,94
25	—	3 1/4	0,72	—	8	0,89
30	—	2 3/4	0,61	—	7 3/4	0,86
35	—	2 1/4	0,50	—	7 1/4	0,81
40	—	1 3/4	0,39	—	7	0,77
45	—	1 1/2	0,33	—	6 3/4	0,75
50	—	1	0,22	—	6 1/2	0,72

Romancement von Delune & Co., Grenoble (No. 2).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O + Bit.
21,04%;	12,72%;	4,04%;	48,49%;	1,20%;	5,17%;	5,51%;	1,37%.

Spezif. Gewicht: 3,02; Volumengewichte, lose: 0,98 *kg*; eingerüttelt: 1,49 *kg*.

Erhärtungsbeginn: — St. 5 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: — » 15½ » Rückstand am 900-Sieb: 15,5 %.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 29,5 %.

Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3 nach 7 Tagen:	9,6 *kg* pro cm^2,	84,8 *kg* pro cm^2.
» » 28 »	12,7 » » »	104,5 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 34,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	—	25	5,00	—	42	2,71
5	—	10	2,00	—	25	1,61
10	—	6	1,20	—	19½	1,26
15	—	**5**	**1,00**	—	**15½**	**1,00**
20	—	3¾	0,75	—	12½	0,81
25	—	2¾	0,55	—	10	0,64
30	—	2	0,40	—	8	0,52
35	—	1½	0,30	—	6	0,39
40	—	1	0,20	—	4½	0,29
45	—	½	0,10	—	2¾	0,18
50	sofort		0,00	—	1	0,06

Romancement von Alb. Fleiner, Aarau (No. 1).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O+Bit.
28,36%;	12,12%;	1,57%;	42,69%;	2,24%;	8,19%;	2,00%;	0,92%.

Spezif. Gewicht: 3,00; Volumengewichte, lose: 0,96 *kg*; eingerüttelt: 1,60 *kg*.

Erhärtungsbeginn: — St. 10 1/2 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 6 » 30 » Rückstand am 900-Sieb: 11,0 %.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 30,7 %.

Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3 nach 7 Tagen:	3,4 *kg* pro cm^2,	20,9 *kg* pro cm^2.
» » 28 »	6,8 » » »	39,6 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 33,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bis 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	—	22	2,09	12	—	1,85
5	—	17 1/2	1,67	10	—	1,54
10	—	14	1,33	8	—	1,23
15	—	**10 1/2**	**1,00**	**6**	**30**	**1,00**
20	—	7	0,67	5	—	0,77
25	—	5	0,48	3	45	0,58
30	—	4	0,38	3	—	0,46
35	—	3	0,29	2	30	0,38
40	—	2	0,19	2	15	0,35
45	—	1 1/2	0,14	2	—	0,31
50	—	1	0,09	1	45	0,27

Romancement von Alb. Fleiner, Aarau (No. 2).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O+Bit.
24,23%;	10,39%;	1,19%;	50,56%;	1,92%;	7,92%;	1,10%;	1,46%.

Spezif. Gewicht: 3,03; Volumengewichte, lose: 1,00 *kg*; eingerüttelt: 1,63 *kg*.

Erhärtungsbeginn: — St. 2¾ Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: — » 18 » Rückstand am 900-Sieb: 2,0 %.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 18,1 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	9,3 *kg* pro cm^2,	90,5 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	14,2 » » »	141,0 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 33,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	—	9	2,57	—	25	1,47
5	—	6	1,71	—	22	1,29
10	—	4½	1,28	—	19	1,12
15	—	**3½**	**1,00**	—	**17**	**1,00**
20	—	2½	0,71	—	15	0,88
25	—	2	0,57	—	14	0,82
30	—	1½	0,43	—	13	0,77
35	—	1	0,28	—	12	0,71
40	—	½	0,14	—	11¾	0,69
45	sofort		0,00	—	11¼	0,66
50	sofort		0,00	—	11	0,65

Romancement von Leuba-Frères. Noiraigue.

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O + Bit.
25,64%;	8,76%;	2,15%;	33,42%;	1,93%;	20,44%;	5,11%;	1,17%.

Spezif. Gewicht: 2,88; Volumengewichte, lose: 0,86 *kg*; eingerüttelt: 1,42 *kg*.

Erhärtungsbeginn: — St. 16 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 1 » — » Rückstand am 900-Sieb: 4,5 %.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 21,4 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	4,8 *kg* pro cm^2,	43,0 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	11,6 » » »	75,6 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 41 1/2 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	1	—	3,33	3	—	3,00
5	—	43	2,39	2	15	2,25
10	—	26	1,44	1	30	1,50
15	—	**18**	**1,00**	**1**	—	**1,00**
20	—	12 3/4	0,71	—	54	0,90
25	—	9	0,50	—	44	0,73
30	—	5 3/4	0,32	—	37	0,62
35	—	2 1/2	0,19	—	30	0,50
40	—	2	0,11	—	25	0,42
45	—	1	0,06	—	20	0,33
50	—	3/4	0,04	—	17	0,28

Schlackencement von Choindez (No. 1).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2; Al_2O_3; FeO; MnO; CaO; MgO; CaS; $CaSO_4$; $CaCO_3$; H_2O+Bit.
8,11%; 15,54%; 0,92%; 0,12%; 52,93%; 0,54%; 0,96%; 0,53%; 2,91%; 7,36%.

Spezif. Gewicht: 2,60; Volumengewichte, lose: 0,92 *kg*; eingerüttelt: 1,56 *kg*.

Erhärtungsbeginn: 1 St. 35 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 11 » 30 » Rückstand am 900-Sieb: Spuren.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 15,0 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	14,1 *kg* pro cm^2,	120,8 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	24,9 » » »	269,1 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 32,5 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	2	45	1,74	26	—	2,26
5	2	15	1,42	20	—	1,74
10	1	50	1,16	15	—	1,30
15	**1**	**35**	**1,00**	**11**	**30**	**1,00**
20	1	20	0,84	8	30	0,74
25	1	05	0,68	6	—	0,52
30	—	55	0,58	4	20	0,38
35	—	48	0,51	3	15	0,28
40	—	35	0,37	2	35	0,22
45	—	30	0,32	2	20	0,20
50	—	25	0,26	2	10	0,19

Schlackencement von Choindez (No. 2).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2; Al_2O_3; FeO; MnO; CaO; MgO; CaS; $CaSO_4$; $CaCO_3$; H_2O+Bit
19,24%; 17,15%; 1,07%; 0,46%; 52,40%; 0,81%; 0,29%; 0,59%; 2,88%; 5,12%.

Spezif. Gewicht: 2,67; Volumengewichte, lose: 0,93 *kg*; eingerüttelt: 1,53 *kg*.

Erhärtungsbeginn: 1 St. 18 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 6 » 45 » Rückstand am 900-Sieb: Spuren.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 8,0 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	19,4 *kg* pro cm^2,	171,2 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	24,4 » » »	256,0 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 30,5 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bis 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	4	—	3,08	20	—	2,96
5	2	20	1,79	13	30	2,00
10	1	45	1,35	9	30	1,41
15	**1**	**18**	**1,00**	**6**	**45**	**1,00**
20	1	—	0,77	5	—	0,74
25	—	48	0,61	3	50	0,58
30	—	35	0,45	3	—	0,44
35	—	30	0,38	2	25	0,36
40	—	24	0,31	1	50	0,27
45	—	18	0,23	1	25	0,21
50	—	15	0,19	1	—	0,15

Schlackencement von Neunkirchen (No. 1).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	FeO;	MnO;	CaO;	MgO;	CaS;	$CaSO_4$;	$CaCO_3$;	H_2O+Bit.
9,87%	14,84%	0,80%	0,18%	44,97%	2,44%	1,93%	1,40%	5,66%	5,92%.

Spezif. Gewicht: 2,71; Volumengewichte, lose: 0,82 *kg*; eingerüttelt: 1,37 *kg*

Erhärtungsbeginn: 5 St. — Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 18 » — » Rückstand am 900-Sieb: Spuren.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 13,2 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	19,6 *kg* pro cm^2,	144,9 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	22,4 » » »	197,3 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 34,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	11	—	2,20	c. 70	—	3,89
5	8	30	1,70	38	—	2,11
10	6	15	1,25	25	—	1,39
15	**5**	**—**	**1,00**	**18**	**—**	**1,00**
20	3	45	0,75	12	30	0,69
25	2	50	0,57	8	30	0,47
30	2	—	0,40	6	30	0,36
35	1	15	0,25	4	45	0,26
40	—	55	0,18	3	45	0,21
45	—	35	0,12	3	00	0,17
50	—	30	0,10	2	40	0,15

Schlackencement von Neunkirchen (No. 2).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	FeO;	MnO;	CaO;	MgO;	CaS;	$CaSO_4$;	$CaCO_3$;	H_2O+Bit.
20,94%	14,85%	1,03%	0,81%	43,94%	3,78%	1,88%	2,49%	5,97%	4,69%.

Spezif. Gewicht: 2,68; Volumengewichte, lose: 0,80 *kg*; eingerüttelt: 1,36 *kg*.

Erhärtungsbeginn: 2 St. — Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 7 » 30 » Rückstand am 900-Sieb: Spuren.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 7,0 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	24,3 *kg* pro cm^2,	174,6 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	27,3 » » »	255,3 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 33,5 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	8	—	3,20	24	—	2,67
5	4	15	1,70	14	—	1,56
10	3	10	1,27	11	—	1,22
15	**2**	**30**	**1,00**	**9**	—	**1,00**
20	2	—	0,80	7	30	0,83
25	1	35	0,63	6	15	0,69
30	1	20	0,53	5	10	0,57
35	1	05	0,43	4	15	0,47
40	1	—	0,40	3	30	0,39
45	—	50	0,33	2	50	0,31
50	—	45	0,30	2	—	0,22

Portlandcement von Laufen (Kt. Bern).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2; Al_2O_3; Fe_2O_3; CaO; MgO; $CaCO_3$; $CaSO_4$; H_2O+Bit.
22,292%; 6,772%; 2,500%; 59,890%; 1,669%; 1,865%; 3,056%; 1,484%.

Spezif. Gewicht: 3,03; Volumengewichte, lose: 1,18 *kg*; eingerüttelt: 1,87 *kg*.

Erhärtungsbeginn: 8 St. 30 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 17 » 30 » Rückstand am 900-Sieb: 0,7 %.
bei 14,5° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 16,2 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	18,0 *kg* pro cm^2,	189,8 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	24,3 » » »	260,3 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 26,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	25	—	3,23	67	—	3,94
5	18	—	2,32	33	—	1,94
10	12	—	1,55	23	—	1,35
15	**7**	**45**	**1,00**	**17**	—	**1,00**
20	5	45	0,74	12	45	0,71
25	4	30	0,58	9	—	0,53
30	3	15	0,42	6	45	0,40
35	2	25	0,31	5	30	0,32
40	1	45	0,23	4	15	0,25
45	1	—	0,13	3	30	0,21
50	—	30	0,07	2	45	0,16

Portlandcement von Rozloch.

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O+Bit.
22,54%;	7,91%;	2,52%;	57,34%;	1,00%;	3,68%;	1,65%;	1,85%.

Spezif. Gewicht: 3,03; Volumengewichte, lose: 1,23 *kg*; eingerüttelt: 1,92 *kg*.

Erhärtungsbeginn: 3 St. — Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 10 » 30 » Rückstand am 900-Sieb: 1,2 %.
bei 18,6° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 28,8 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	14,4 *kg* pro cm^2,	114,9 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	17,8 » » »	171,6 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 28,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	35	—	7,78	75	—	6,08
5	12	30	2,78	25	—	2,03
10	7	15	1,61	17	30	1,42
15	**4**	**30**	**1,00**	**12**	**20**	**1,00**
20	2	45	0,61	8	45	0,71
25	1	25	0,32	6	—	0,48
30	—	55	0,20	3	50	0,31
35	—	45	0,17	2	50	0,23
40	—	37	0,14	2	—	0,16
45	—	30	0,11	1	30	0,12
50	—	25	0,09	1	20	0,11

Portlandcement von Rob. Vigier, Luterbach.

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O+Bit.
24,16%;	8,29%;	2,18%;	59,14%;	1,42%;	1,32%;	2,03%;	1,02%.

Spezif. Gewicht: 3,04; Volumengewichte, lose: 1,15 *kg*; eingerüttelt: 1,91 *kg*.

Erhärtungsbeginn: 5 St. 20 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden
Bindezeit: 12 » — » Rückstand am 900-Sieb: 0,1 %.
bei 13,2° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 16,7 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	14,5 *kg* pro cm^2,	137,0 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	20,1 » » »	199,3 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 26,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	21	—	6,00	38	—	3,80
5	9	—	2,56	20	—	2,00
10	5	—	1,43	13	—	1,30
15	**3**	**30**	**1,00**	**10**	—	**1,00**
20	2	15	0,64	7	30	0,75
25	1	30	0,43	6	10	0,62
30	1	—	0,29	5	—	0,50
35	0	45	0,21	4	—	0,40
40	0	30	0,14	3	30	0,35
45	0	15	0,07	3	—	0,30
50	0	10	0,05	2	30	0,25

Portlandcement von Zurlinden & Co., Aarau. (No. 1).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O+Bit.
21,818%;	7,355%;	3,838%;	61,142%;	1,465%;	1,552%;	1,607%;	1,053%.

Spezif. Gewicht: 3,06; Volumengewichte, lose: 1,22 *kg*; eingerüttelt: 1,96 *kg*.

Erhärtungsbeginn: — St. 3 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 2 » 30 » Rückstand am 900-Sieb: Spur.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 14,8 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	19,7 *kg* pro cm^2,	180,6 *kg* pro cm^2,
»	» 28 »	26,0 » » »	249,5 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 28,0 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	16	—	32,0	34	—	13,6
5	1	30	30,0	9	—	3,60
10	—	15	5,00	4	30	1,80
15	—	**3**	**1,00**	**2**	**30**	**1,00**
20	—	1 1/5	0,40	1	30	0,60
25	—	3/4	0,25	1	—	0,40
30	—	1/2	0,17	—	45	0,30
35	fast sofort		c. 0,06	—	30	0,20
40	sofort		0,00	—	10	0,07
45	sofort		0,00	fast sofort		0,00
50	sofort		0,00	fast sofort		0,00

Portlandcement von Zurlinden & Co., Aarau (No. 2).

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O+Bit.
21,862%;	7,612%;	3,245%;	61,034%;	1,601%;	1,529%;	1,557%;	1,066%.

Spezif. Gewicht: 3,05; Volumengewichte, lose: 1,23 *kg*; eingerüttelt: 1,97 *kg*.

Erhärtungsbeginn: — St. 8 Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 5 » — » Rückstand am 900-Sieb: 1,1 %.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 16,9 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	18,8 *kg* pro cm^2,	164,1 *kg* pro cm^2,
»	» 28 »	26,7 » » »	242,5 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 26,5 % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	19	—	143	42	—	8,40
5	3	30	26,30	14	—	2,80
10	—	10	1,25	7	—	1,40
15	—	**8**	**1,00**	**5**	—	**1,00**
20	—	2	0,25	3	45	0,75
25	—	1 1/2	0,19	3	—	0,60
30	—	1 1/4	0,16	2	25	0,48
35	—	3/4	0,09	1	55	0,38
40	—	1/2	0,06	1	35	0,32
45	sofort		0,00	1	15	0,25
50	sofort		0,00	1	—	0,20

Portlandcement Zurlinden & Co., Aarau.

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO_2;	Al_2O_3;	Fe_2O_3;	CaO;	MgO;	$CaCO_3$;	$CaSO_4$;	H_2O+Bit.
21,598%;	8,308%;	2,571%;	61,051%;	1,553%;	1,002%;	2,836%;	0,989%.

Spezif. Gewicht: 3,11; Volumengewichte, lose: 1,19 *kg*; eingerüttelt: 2,00 *kg*.

Erhärtungsbeginn: 5 St. — Min. Volumenbeständigkeitsproben: bestanden.
Bindezeit: 18 » — » Rückstand am 900-Sieb: 1,3 %.
bei 15,0° C. Lufttemperatur. » » 4900 » 20,0 %.

	Wasserlagerung;	*Zugfestigkeit;*	*Druckfestigkeit.*
1 : 3	nach 7 Tagen:	23,2 *kg* pro cm^2,	178,5 *kg* pro cm^2.
»	» 28 »	25,7 » » »	244,4 » » »

Resultate der Abbindeversuche.

Ohne Zuschläge oder Sandzusatz; mit 26¼ % Wasser (Normalkonsistenz).

Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zum Erhärtungsbeginn bei 15° C.	Bindezeit, beobachtet St.	Min.	Verhältnis zur Bindezeit bei 15° C.
0	12	—	2,40	43	—	2,39
5	8	25	1,68	32	—	1,78
10	6	25	1,25	24	—	1,33
15	**5**	—	**1,00**	**18**	—	**1,00**
20	3	50	0,78	13	50	0,77
25	3	—	0,60	11	—	0,61
30	2	20	0,47	8	30	0,47
35	1	40	0,33	6	45	0,38
40	1	15	0,25	5	—	0,28
45	—	55	0,18	4	—	0,22
50	—	45	0,15	3	—	0,17

Obschon die vorstehenden Resultate zur endgültigen Feststellung der Verhältniszahlen, durch welche man einerseits den bei irgend einer Temperatur erhobenen Erhärtungsbeginn, anderseits die Bindezeit eines Bindemittels auf Normaltemperatur (15° C) reduzieren wird, kaum ausreichen, haben wir in nachfolgender Tabelle dennoch die Mittelwerte dieser Verhältniszahlen (Reduktions-Koeffizienten) zusammengestellt. Die Temperatur von 0° C. blieb hierbei aus naheliegenden Gründen unberücksichtigt.

Tabelle der Reduktions-Koeffizienten.

Temperatur in C°	Romancement		Schlackencement		Portlandcement			
					Raschbinder		Langsambinder	
	Erhärtungsbeginn	Bindezeit	Erhärtungsbeginn	Bindezeit	Erhärtungsbeginn	Bindezeit	Erhärtungsbeginn	Bindezeit
5*)	1,84	1,51	1,65	1,85	28,10	3,20	2,34	1,94
10	1,29	1,21	1,26	1,33	3,13	1,60	1,46	1,35
15	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**
20	0,74	0,87	0,79	0,74	0,33	0,67	0,69	0,74
25	0,56	0,74	0,62	0,56	0,22	0,50	0,48	0,56
30	0,41	0,66	0,49	0,44	0,17	0,39	0,35	0,42
35	0,29	0,58	0,39	0,34	0,08	0,29	0,26	0,33
40	0,19	0,53	0,32	0,27	0,03	0,20	0,19	0,26
45	0,10	0,47	0,25	0,22	0,00	0,13	0,12	0,21
50	0,05	0,42	0,21	0,18	0,00	0,10	0,09	0,17

Zur Illustration der Anwendung vorstehender Tabelle, diene folgendes Beispiel:

Bei 21° C Luftlagerung ergab ein Portland:

einen Erhärtungsbeginn von 1 St. 20 Min. = 80 Min.
eine Bindezeit » 4 » 10 » = 250 »

Für diese Temperatur liefert die Spalte «Portlandcement, Langsambinder» der Tabelle folgende Reduktions-Koeffizienten

für den Erhärtungsbeginn: 0,64,
für die Bindezeit : 0,69;

mithin beträgt, reduziert auf *15° C* Lufttemperatur, näherungsweise:

der *Erhärtungsanfang:* $\frac{1}{0{,}64} \cdot 80 = 125$ M. = rund 2 St. 00 Min.

die *Bindezeit:* $\frac{1}{0{,}69} \cdot 250 = 363$ Min. = rund 6 St. 00 Min.

*) Für zwischenliegende Temperaturen sind die Reduktions-Koeffizienten durch Interpolation zu bestimmen.

c. Resultate der Untersuchung des Einflusses der calcinierten Soda, des Kali-Alauns und des Alkohols auf die Erhärtungsvorgänge.

Zuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser in % für die Normalkonsistenz	Erhärtungsbeginn bei einer Temperatur in C°				Bindezeit bei einer Temperatur in C°			
		0	15	30	50	0	15	30	50
		St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.
Romancement von Berthelot d'Uriol, Grenoble (No. 1). Zusammensetzung und physikal. Eigenschaften, siehe Seite 274.									
Soda									
0 %	31,00	– 7	– 2 1/2	– 1	sofort	– 13	– 7	– 5	– 4
2 %	33,00	– 7	– 2	– 3/4	sofort	– 12	– 5 1/2	– 4 1/4	– 3 1/2
4 %	31,80	– 5	– 1 1/2	– 1/4	sofort	– 12	– 5	– 3 3/4	– 3 1/4
6 %	31,50	– 2	– 1/2	sofort	sofort	– 11	– 4 1/2	– 3 1/4	– 3
8 %	31,50	– 3/4	sofort	sofort	sofort	– 8	– 3	– 2 1/8	– 2
Alaun									
0 %	31,00	– 7	– 2 1/2	– 1	sofort	– 13	– 7	– 5	– 4
2 %	40,00	– 2 3/4	– 1 3/4	– 1 5/8	– 1 1/2	– 30	– 10	– 7	– 5
4 %	41,00	– 4 1/2	– 2	– 1 3/4	– 1 1/2	– 30	– 15	– 11	– 6
6 %	42,50	– 6	– 3	– 2 3/8	– 1 1/2	1 –	– 23	– 16	– 7
8 %	45,00	– 9	– 4	– 3	– 1 1/2	1 45	– 30	– 21	– 10
Alkohol*)									
0 %	31,00	– 7	– 2 1/2	– 1	sofort	– 13	– 7	– 5	– 4
2 %	34,50	– 2	– 1	– 3/4	– 1/2	– 25	– 18	– 16	– 10
4 %	33,50	– 2 1/2	– 1	– 3/4	– 1/2	3 –	1 45	1 38	1 30
6 %	33,30	– 4	– 1 1/2	– 1 1/10	– 1/2	9 –	5 30	5 –	4 30
8 %	32,00	– 7 1/2	– 2	– 1 3/8	– 1/2	16 –	12 –	10 45	8 30
Romancement von Delune & Co., Grenoble (No. 1.) Zusammensetzung und physikal. Eigenschaften, siehe Seite 276.									
Soda									
0 %	31,40	– 9	– 4 1/2	– 2 3/4	– 1	– 12	– 9	– 7 3/4	– 6 1/2
2 %	37,50	– 8	– 3 1/4	– 1 3/4	– 3/4	– 11	– 8	– 6 5/8	– 5 1/2
4 %	32,50	– 7	– 2 3/4	– 1 3/8	– 1/2	– 10	– 7	– 5 3/4	– 5
6 %	31,40	– 5	– 2 1/4	– 1 1/8	– 1/4	– 8 1/2	– 5 1/2	– 4 1/4	– 3 1/2
8 %	31,40	– 3	– 1 1/2	– 3/4	sofort	– 7	– 4 1/2	– 3 3/8	– 2 1/2

*) Der Alkohol-Zuschlag in Gewichts-% bezieht sich auf das Anmachwasser.

Zuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser in % für die Normalkonsistenz	Erhärtungsbeginn bei einer Temperatur in C°				Bindezeit bei einer Temperatur in C°			
		0	15	30	50	0	15	30	50
		St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St, Min.
Alaun									
0 %	31,25	– 9	– 4 1/2	– 2 3/4	– 1	– 12	– 9	– 7 3/4	– 6 1/2
2 %	36,00	– 5	– 2	– 1/2	sofort	1 –	– 10	– 10	– 10
4 %	39,00	– 13	– 3	– 3/4	sofort	5 –	– 26	– 15	– 10
6 %	41,00	– 35	– 8	– 3	– 2	12 –	– 30	– 22	– 20
8 %	43,50	1 15	– 13	– 5	– 3	36 –	– 45	– 31	– 20
Alkohol*)			20 0 C				20 0 C		
0 %	31,25	– 9	– 4 1/2	– 2 3/4	– 1	– 12	– 9	– 7 3/4	– 6 1/2
2 %	31,50	– 4	– 1 1/2	– 1 7/8	– 1/2	– 15	– 9	– 6	– 3
4 %	30,00	– 5	– 1 3/4	– 1 5/8	– 1/2	– 16	– 10	– 8	– 3
6 %	29,50	– 6	– 2 1/2	– 1 3/8	– 1/2	– 30	– 15	– 9	– 4
8 %	30,00	– 7	– 3	– 1	– 1/2	4 30	2 30	2 –	1 15

Schlackencement von Choindez (No. 2).

Zusammensetzung und physik. Eigenschaften, siehe Seite 282.

Soda			20 0 C				20 0 C		
0 %	30,50	4 –	1 –	– 35	– 15	20 –	5 –	3 –	1 –
2 %	35,00	– 20	– 5	– 2 3/4	– 3/4	10 –	1 15	– 45	– 15
4 %	36,50	– 18	– 3	– 1 1/2	– 1/2	7 –	– 45	– 15	– 10
6 %	38,75	– 11	– 1	– 1/2	sofort	4 –	– 30	– 23	sofort
8 %	41,25	– 4	– 1/2	fast sofort	sofort	2 30	– 20	– 7	sofort
Alaun			20 0 C				20 0 C		
0 %	30,50	4 –	1 –	– 35	– 15	20 –	5 –	3 –	1 –
2 %	34,50	– 40	– 15	– 11	– 7	6 –	2 –	1 30	1 –
4 %	40,50	– 14	– 9	– 8	– 6	4 –	1 –	– 50	– 45
6 %	45,00	– 6	– 4	– 3 1/2	– 3	2 30	– 35	– 30	– 30
8 %	52.50	– 3	– 1	– 1/2	– 1/2	2 –	– 25	– 20	– 15

*) Der Alkoholzuschlag bezieht sich auf das Anmachwasser.

Zuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser in % für die Normalkonsistenz	Erhärtungsbeginn bei einer Temperatur in C°				Bindezeit bei einer Temperatur in C°			
		0	15	30	50	0	15	30	50
		St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.
Schlackencement von Neunkirchen (No. 2). Zusammensetzung und physikal. Eigenschaften, siehe Seite 284.									
Soda			20 0 C				20 0 C		
0 %	33,50	8 –	2 –	1 20	– 45	24 –	7 30	5 10	2 –
2 %	49,00	7 30	1 –	– 30	– 10	20 –	6 –	4 21	1 30
4 %	50,00	1 30	– 20	– 9	fast sofort	14 –	2 –	1 20	1 –
6 %	44,50	– 45	– 10	– 3	sofort	7 –	1 –	– 36	– 30
8 %	43,50	– 15	– 4	fast sofort	sofort	4 30	– 30	– 20	– 15
Alaun			20 0 C				20 0 C		
0 %	33,50	8 –	2 –	1 20	– 45	24 –	7 30	5 10	2 –
2 %	39,00	2 –	– 30	– 16	– 5	15 –	4 –	2 36	1 45
4 %	44,00	1 30	– 15	– 8	– 4	9 –	2 30	1 45	1 15
6 %	51,50	– 45	– 9	– 5	– 3	6 –	1 30	1 10	1 –
8 %	58,75	– 35	– 4	– 3 3/4	– 3	4 –	1 15	3 54	– 45
Portlandcement von Zurlinden & Comp., Aarau. Zusammensetzung und physikal. Eigenschaften, siehe Seite 190.									
Soda									
0 %	26,25	12 –	5 –	2 20	– 45	43 –	18 –	8 30	3 –
2 %	32,00	– 6	– 3	– 1 1/2	fast sofort	3 –	2 –	1 34	1 20
4 %	29,00	– 5	– 2 1/2	– 1 1/4	sofort	2 30	1 45	1 27	1 15
6 %	29,25	– 3 1/2	– 1 1/2	– 3/4	sofort	2 –	1 30	1 05	– 45
8 %	30,00	– 2	– 3/4	– 1/4	sofort	1 –	– 45	– 33	– 30
Alaun			20 0 C				20 0 C		
0 %	26,25	12 –	3 50	2 20	– 45	43 –	13 50	8 30	3 –
2 %	32,00	– 25	– 15	– 12 1/2	– 10	16 –	2 –	1 18	– 35
4 %	32,25	– 15	– 10	– 9	– 8	9 –	1 45	1 06	– 30
6 %	32,25	– 12	– 7	– 6 1/4	– 5	4 –	1 30	1 –	– 30
8 %	33,75	– 6	– 3	– 2 1/4	– 1 1/2	2 30	1 –	– 51	– 30

Zuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser in % für die Normalkonsistenz	Erhärtungsbeginn bei einer Temperatur in C°				Bindezeit bei einer Temperatur in C°			
		0	15	30	50	0	15	30	50
		St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.	St. Min.
Alkohol*)			20 0 C				20 0 C		
0 %	26,25	12 –	3 50	2 20	– 45	43 –	13 50	8 30	3 –
2 %	27,50	36 –	11 –	5 –	1 –	108 –	22 –	12 –	2 15
4 %	26,00	46 –	12 –	6 –	1 30	144 –	24 –	14 –	3 –
6 %	23,00	60 –	13 –	6 30	1 45	192 –	36 –	20 –	5 –
8 %	21,50	84 –	14 –	7 –	2 –	290 –	60 –	34 –	7 30

Portlandcement St. Sulpice.

Zusammensetzung und physikal. Eigenschaften, siehe Seite 301.

Soda									
0 %	28,50	7 30	4 30	– 23	– 15	46 –	10 –	2 –	1 20
2 %	30,25	6 40	3 30	3 15	1 45	21 30	7 15	5 –	3 45
4 %	30,00	5 30	3 –	2 30	1 30	18 30	6 40	4 40	3 20
6 %	30,00	4 15	2 40	1 –	1 –	16 15	5 50	3 30	3 –
8 %	31,00	3 10	1 15	– 40	– 32	21 –	9 –	2 45	2 30
Alaun									
0 %	28,50	7 30	4 30	– 23	– 15	46 –	10 –	2 –	1 20
2 %	30,25	1 20	– 45	– 35	– 30	7 30	2 40	2 15	1 20
4 %	30,00	4 40	2 –	1 25	– 45	10 –	4 30	2 45	1 40
6 %	30,00	5 –	2 –	1 30	– 50	19 –	5 30	3 40	2 –
8 %	31,00	3 40	2 45	1 35	– 55	30 –	6 30	6 –	2 50
Alkohol*)									
0 %	28,50	7 30	4 30	– 23	– 15	46 –	10 –	2 –	1 20
2 %	30,25	26 –	8 –	– 25	– 15	72 –	13 30	2 –	1 35
4 %	30,00	28 30	7 –	– 27	– 15	90 –	13 –	2 15	1 40
6 %	30,00	29 –	2 40	– 31	– 25	99 –	12 –	2 40	2 15
8 %	31,00	29 30	2 –	– 43	– 37	105 –	11 30	4 –	2 45

*) Der Alkoholzuschlag bezieht sich auf das Anmachwasser.

Zuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser in % für die Normalkonsistenz	Erhärtungsbeginn bei einer Temperatur in C°								Bindezeit bei einer Temperatur in C°							
		0		15		30		50		0		15		30		50	
		St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.
Portlandcement der Basler Portlandcementfabrik, Dittingen. Zusammensetzung und physikal. Eigenschaften, siehe Seite 301.																	
Soda																	
0 %	27,00	21	–	6	30	2	45	1	10	44	–	13	30	4	15	2	30
2 %	29,00	–	5	–	5½	–	6½	–	14	12	–	5	–	3	20	2	15
4 %	27,00	–	3½	–	4	–	5	–	7	4	–	3	30	2	45	1	50
6 %	27,00	–	2½	–	3	–	4	–	4	1	50	1	30	1	30	1	05
8 %	30,00	–	8	–	11	–	16	–	21	9	–	5	–	2	–	1	30
Alaun																	
0 %	27,00	21	–	6	30	2	45	1	10	44	–	13	30	4	15	2	30
2 %	36,00	–	45	–	40	–	40	–	20	21	–	3	30	1	20	–	30
4 %	32,50	–	45	–	50	1	–	–	23	1	15	1	30	1	50	–	35
6 %	31,50	–	45	1	–	1	20	–	26	2	–	2	15	2	30	1	10
8 %	30,25	–	45	–	40	–	40	–	30	2	40	2	50	3	–	1	45
Alkohol*)																	
0 %	27,00	21	–	6	30	2	45	1	10	44	–	13	30	4	15	2	30
2 %	27,75	21	30	7	50	2	45	1	20	47	–	14	30	4	30	3	–
4 %	29,00	22	–	8	30	2	50	1	25	55	–	15	15	5	–	3	20
6 %	31,00	23	–	8	45	3	05	1	25	64	–	15	30	5	40	3	40
8 %	29,50	24	30	9	–	3	20	1	30	77	–	15	45	6	15	3	50

*) Der Alkoholzuschlag bezieht sich auf das Anmachwasser.

d. Resultate der Untersuchung des Einflusses des Kochsalzes auf die Abbindeverhältnisse der hydraul. Bindemittel bei der Erstarrungstemperatur des Wassers.

Romancement v. Berthelot d'Uriol.

Eigenschaften, siehe Seite 275.

Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
%	%			
0	35,00	0	– 15	– 25
2	34,00	„	– 19	– 50
4	32,75	„	– 25	1 20

Romancement v. Delune & Comp.

Eigenschaften, siehe Seite 277.

Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
%	%			
0	34,00	0	– 25	– 42
2	38,50	„	– 32	1 –
4	31,75	„	– 39	1 20

Romancement v. A. Fleiner (No. 1).

Eigenschaften, siehe Seite 278.

Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
%	%			
0	33,00	0	– 22	12 –
2	31,75	„	– 39	48 –
4	31,00	„	– 43	72 –

Romancement v. A. Fleiner (No. 2).

Eigenschaften, siehe Seite 279.

Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
%	%			
0	33,00	0	– 9	– 25
2	31,75	„	– 12	– 35
4	31,00	„	– 15	1 –

Romancement v. Leuba-Frères

Eigenschaften, siehe Seite 280.

Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
%	%			
0	41,50	0	1 –	3 –
2	40,25	„	1 30	6 –
4	39,00	„	2 –	8 30

Schlackencement v. Choindez (No. 1).

Eigenschaften, siehe Seite 281.

Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
%	%			
0	32,50	0	2 45	26 –
2	32,25	„	3 50	28 –
4	32,00	„	4 45	31 –

Schlackencement v. Neunkirchen (No. 1).

Eigenschaften, siehe Seite 283.

Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
%	%			
0	34,00	0	11 –	ca. 70
2	33,75	„	12 –	ca. 73
4	33,25	„	13 –	ca. 78

Portlandcement von Laufen.

Eigenschaften, siehe Seite 285.

Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
%	%			
0	26,00	0	25 –	67 –
2	26,00	„	22 45	42 –
4	26,00	„	20 15	38 –

Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.	Kochsalzzuschlag in Gew.-% des Bindemittels	Anmachwasser für die Normalkonsistenz	Temperatur in C°	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
Portlandcement von Rozloch. Eigenschaften, siehe Seite 286.					**Portlandcement v. Rob. Vigier.** Eigenschaften, siehe Seite 287.				
%	%				%	%			
0	28,00	0	35 –	75 –	0	26,00	0	21 –	38 –
2	28,00	„	22 –	43 –	2	26,00	„	17 –	34 40
4	27,00	„	18 –	38 –	4	24,75	„	15 –	32 30
Portlandcement v. Zurlinden & Co. (No. 1). Eigenschaften, siehe Seite 288.					**Portlandcement v. Zurlinden & Co.** (No. 2). Eigenschaften, siehe Seite 289.				
%	%				%	%			
0	28,00	0	16 –	34 –	0	26,50	0	19 –	42 –
2	27,75	„	1 15	18 –	2	26,25	„	– 40	24 –
4	27,00	„	– 45	13 –	4	25,50	„	– 20	19 –

e. Einfluss fremder Zuschläge auf die Abbindeverhältnisse hydraul. Bindemittel bei ca. 15° C. Lufttemperatur

von **E. Ruhoff**, Chemiker der Festigkeitsanstalt.

Die vorliegende Untersuchung wurde im Auftrage von Herrn Prof. Tetmajer unternommen, um die Einwirkung verschiedener chemischer Zuschläge auf die Abbindeverhältnisse verschiedener hydraul. Bindemittel kennen zu lernen.

Dieser Untersuchung wurden folgende Bindemittel unterworfen:

a. **Romancemente:**
   - *α.* **Romancement von Delune & Co., Grenoble.**
   - *β.* **Romancement von Berthelot d'Uriol, Grenoble.**

b. **Schlackencemente:**
   - *α.* **Schlackencement der von Roll'schen Werke, Choindez.**
   - *β.* **Schlackencement von Ehrhardt & Lingenbrink, Neunkirchen bei Trier.**

c, **Portlandcemente:**
   - *α.* **Portlandcement von Zurlinden & Co., Wildegg. Raschbinder.**
   - *β.* **Portlandcement von Feer & Flatt, Frauenfeld. Raschbinder.**
   - *γ.* **Portlandcement der Basler Cementfabrik, Dittingen. Langsambinder.**
   - *δ.* **Portlandcement von St. Sulpice. Langsambinder.**

Bei dem relativ geringen Werte des hydraul. Kalkes wurde davon abgesehen, auch Repräsentanten dieser Klasse hydraul. Bindemittel zur Untersuchung heranzuziehen.

Als Zuschlagsmaterialien wurden folgende verwendet:

1. *Sulfate:*

Kaliumsulfat, K_2SO_4
Natriumsulfat, calciniert, Na_2SO_4
Magnesiumsulfat, $MgSO_4 + 7\ H_2O$
Gyps, gebrannt, $CaSO_4$
Kalialaun, calciniert, $K_2SO_4 + Al_2\ (SO_4)_3$
Eisensulfat (Oxydulsalz) $FeSO_4 + 7\ H_2O$

2. *Chloride und Fluoride:*

Chlornatrium, NaCl
Chlorbaryum, $BaCl_2 + 2\ H_2O$
Kesslers Magnesiumfluat.

3. *Karbonate:*

Natriumkarbonat, calciniert, Na_2CO_3
Ammonkarbonat, $(NH_4)_2CO_3$.

4. *Silikate:*

Kaliwasserglas, K_2SiO_3
Kaolin, geschlämmt und geglüht, $H_2Al_2Si_2O_8$.

Im Interesse der Vollständigkeit, sowie der Kontrolle früherer Versuche wurden auch Kalialaun, Kochsalz und Natriumkarbonat (Soda) als Zuschläge verwendet. Die bezüglichen, frühern Versuche siehe Seite 292 u. f. dieses Heftes.

Soweit es ohne Zersetzung möglich war, wurden diese Zuschlagsmaterialien bei 100°, Natriumsulfat und Magnesiumsulfat bei ca. 150° getrocknet, um Feuchtigkeit und Krystallwasser zu verjagen. Ammonkarbonat, Eisensulfat und Magnesiumfluat wurden dagegen ungetrocknet verwendet.

Sämtliche Zuschläge wurden sodann gepulvert und durch das 900-Maschensieb durchgesiebt. Die Zuschlagsmengen waren ½, 1, 1½, 2 und 3 % der Cementmenge. Die Abbindeversuche wurden jeweilen doppelt, die Thermometerbeobachtungen einfach ausgeführt. Ferner wurde stets in Normalkonsistenz gearbeitet, was öfter einen Wechsel der Menge des Anmachwassers zur Folge hatte.

Die allgemeinen Eigenschaften der verwendeten Bindemittel zeigt folgende Tabelle:

	Bezeichnung und Herkunft des Materials	Spezif. Gewicht	Glühverlust	Volumengewichte, maschinell		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Abbinde-Verhältnisse			Festigkeit des Normenmörtels *kg* pro *cm*²	
				lose	eingerüttelt	900-Sieb	4900-Sieb	Temp.	Erh.-Beg.	Bindezeit	Zug nach 28 Tagen	Druck nach 28 Tagen
		γ	%	*kg* pro Liter		%	%	°C.	St. M.	St. M.		
	a. Romancemente.											
α.	Romancement Delune	3,18	2,12	0,98	1,49	10	26	15,0	– 4¼	– 8½	13,8	154,5
β.	Romancement Berthelot	3,14	2,73	0,96	1,52	4,75	19,75	15,5	– 3½	– 7¼	11,6	114,0
	b. Schlackencemente.											
α.	Schlackencem. Choindez	2,69	7,78	0,99	1,63	0,5	19	15,0	1 30	6 30	23,9	213,5
β.	Schlackencem. Neunkirchen	2,69	9,60	0,81	1,32	1,4	21,2	12,0	8 –	15 –	22,6	181,8
	c. Portlandcemente.											
α.	Portldcem. Zurlind, Wildegg	3,07	0,99	1,17	1,90	0,95	19,55	11,0	– 2½	1 30	29,2	282,1
β.	Portlandcement Feer & Flatt	3,18	2,76	1,22	1,94	0,30	18,65	15,0	– 5	1 45	21,1	236,2
γ.	Portlandcement Dittingen	3,18	1,44	1,26	1,99	0,80	17,95	12,5	6 30	13 30	30,9	324,8
δ.	Portlandcement St. Sulpice	3,16	2,22	1,25	1,84	Sp.	21,00	12,0	4 30	10 –	25,1	241,1

Die Normalkonsistenzen (Mengen des Anmachwassers) und Temperaturerhöhungen waren bei den Versuchen mit puren Bindemitteln die folgenden:

Bezeichnung	Romancement Delune	Romancement Berthelot	Schlackencement Choindez	Schlackencement Neunkirchen	Portlandcement Zurlinden	Portlandcement Feer & Flatt	Portlandcement Dittingen	Portlandcement Mannheim
Normalkonsistenz % H_2O	32,0	33,0	30,0	35,5	28,0	28,0	27,0	28,5
Temeraturerhöhung °C.	20,1	19,2	—	—	9,5	8,1	2,6	1,0

Die verwendeten Cemente hatten folgende chemische Zusammensetzung:

	Bezeichnung und Herkunft des Materials	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	$CaSO_4$	$CaCO_3$	CaS	MgO	H_2O+Bit.	Summe
	a. Romancemente.												
α.	Romancement Delune	23,35	8,20	3,74	—	—	55,99	2,98	3,49	—	1,63	1,28	100,6
β.	Romancement Berthelot	22,14	8,74	3,69	—	—	56,48	2,90	3,44	—	2,02	0,61	100,0
	b. Schlackencemente.												
α.	Schlackencement Choindez	18,10	16,40	—	0,54	1,16	50,58	0,29	4,43	1,19	0,72	6,23	99,6
β.	Schlackencement Neunkirchen	19,76	14,74	—	0,99	Sp.	40,23	2,30	11,20	1,97	3,07	5,89	100,1
	c. Portlandcemente.												
α.	Portldcem. Zurlinden, Wildegg	22,64	8,43	2,87	—	—	61,94	0,58	1,00	—	1,95	0,44	99,8
β.	Portlandcement Feer & Flatt	21,90	6,53	2,52	—	—	55,84	1,58	3,70	—	5,83	1,17	99,0
γ.	Portlandcement Dittingen	22,15	6,31	2,94	—	—	61,88	2,01	1,64	—	1,40	0,86	99,1
δ.	Portlandcement St. Sulpice	22,87	6,53	2,70	—	—	61,82	1,86	2,68	—	1,65	0,80	100,9

In den folgenden Tabellen ist unter Temperaturerhöhung verstanden der Mehrbetrag über die bei Beginn des Anmachens vorhandene Temperatur des Breies.

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
a. Romancemente.								
α. **Romancement Delune.**								
Kaliumsulfat K_2SO_4	1/2	17,0	33,00	—	3 3/4	—	6 1/4	22,7
„	1	19,0	33,00	—	2 3/4	—	5 1/2	22,2
„	1 1/2	19,0	33,00	—	2	—	5 1/4	22,7
„	2	19,0	33,50	—	1 1/2	—	5 1/4	19,4
„	3	19,0	33,50	—	1	—	4 1/4	18,0
Natriumsulfat Na_2SO_4	1/2	14,0	33,00	—	7	—	14 3/4	18,9
„	1	14,0	33,00	—	8 3/4	—	13 3/4	18,2
„	1 1/2	17,5	33,00	—	6	—	12	15,5
„	2	17,5	33,00	—	6 1/4	—	11 1/2	17,5
„	3	17,0	32,00	—	7	—	12	16,8
Magnesiumsulfat $MgSO_4$	1/2	15,5	33,75	—	5 1/2	—	9 1/2	20,2
„	1	15,5	34,00	—	4 1/2	—	10 1/4	22,8
„	1 1/2	16,0	34,00	—	4	—	9	23,6
„	2	17,0	34,00	—	4 1/2	—	14	21,4
„	3	17,0	35,00	—	4 1/2	—	19	20,3
Gyps, $CaSO_4$	1/2	15,0	31,00	—	4 1/2	—	10	19,7
„	1	15,0	31,00	—	6	—	10 1/2	19,9
„	1 1/2	15,0	31,00	—	4 1/2	—	14	20,7
„	2	16,5	31,00	—	5	—	16	19,3
„	3	16,5	31,00	—	4 3/4	—	16 1/2	19,4
Kalialaun $K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3$	1/2	15,0	31,00	—	5	—	9	22,0
„	1	13,0	31,00	—	4	—	1	21,9
„	1 1/2	13,5	31,25	—	3	—	9	23,3
„	2	14,5	31,50	—	2	—	9	20,2
„	3	14,5	32,50	—	1	—	9	24,2
Eisenvitriol $FeSO_4 + 7\,H_2O$	1/2	14,0	30,50	—	4	—	7	21,9
„	1	14,0	32,25	—	5	—	8	24,8
„	1 1/2	14,5	34,00	—	5 1/2	—	8	25,0
„	2	14,5	34,00	—	6	—	9	25,8
„	3	14,5	35,00	—	8	—	10 1/2	21,0

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Chlornatrium, NaCl	1/2	13,5	33,00	—	6 3/4	—	17	18,6
„	1	13,5	33,00	—	8 1/4	—	16 1/2	17,5
„	1 1/2	13,5	33,00	—	7 1/4	—	15	18,4
„	2	13,5	33,00	—	6 3/4	—	22	19,0
„	3	13,5	33,00	—	6 1/2	—	33 1/2	19,3
Chlorbaryum, $BaCl_2$	1/2	16,0	33,50	—	5 1/4	—	13 1/2	19,2
„	1	16,0	34,50	—	5 1/2	—	9 3/4	19,3
„	1 1/2	16,0	35,00	—	5 3/4	—	10 3/4	18,5
„	2	15,5	35,00	—	6	—	13 1/4	18,6
„	3	15,0	34,50	—	6	—	45	9,9
Kesslers Magnesium-fluat	1/2	15,5	31,00	—	4	—	8	20,5
„	1	15,5	31,50	—	4 1/2	—	8 1/2	20,1
„	1 1/2	15,5	32,00	—	5 1/2	—	8	18,9
„	2	15,5	32,00	—	3	—	9	19,9
„	3	15,5	32,00	—	1/2	—	5	19,8
Natriumkarbonat (Soda), Na_2CO_3	1/2	14,0	33,00	—	6 1/2	—	12 1/2	19,3
„	1	14,0	35,75	—	3 3/4	—	10 3/4	20,4
„	1 1/2	15,5	48,50	—	2	1	25	10,6
„	2	15,5	36,00	—	1	—	11 1/2	17,3
„	3	15,5	35,50	—	1	—	10	18,6
Ammonkarbonat $(NH_4)_2CO_3$	1/2	15,5	31,00	—	11	—	17 3/4	22,0
„	1	15,5	31,00	—	14 1/4	—	35 1/2	20,1
„	1 1/2	15,5	32,00	—	14 3/4	—	46 3/4	17,5
„	2	15,5	33,50	—	11 1/2	1	8	5,2
„	3	15,0	34,50	—	11	1	40	1,3
Kaliwasserglas K_2SiO_3	1/2	15,0	31,00	—	6 1/4	—	10 1/2	23,2
„	1	15,0	31,00	—	6 1/2	—	11	20,7
„	1 1/2	15,0	31,00	—	8	—	13	22,3
„	2	15,0	31,00	—	9	—	13	24,0
„	3	15,0	31,00	—	8	—	12 1/2	22,6

Zuschlag	Menge %	Lufttemperatur °C.	Normalkonsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Kaolin, $H_2Al_2SiO_8$	1/2	15,0	31,00	—	5	—	10	19,0
„	1	15,0	31,00	—	3 1/2	—	11	18,4
„	1 1/2	15,0	31,00	—	4	—	9	24,8
„	2	15,0	31,50	—	5	—	9	22,0
„	3	15,0	32,00	—	4 1/2	—	10	22,0
			β. **Romancement Berthelot d'Uriol.**					
Kaliumsulfat, K_2SO_4	1/2	15,0	36,00	—	3 3/4	—	10	16,9
„	1	15,0	37,50	—	3 1/2	—	9	17,8
„	1 1/2	15,5	37,00	—	3	—	9 1/4	14,9
„	2	15,5	36,00	—	2 1/2	—	9 3/4	17,7
„	3	17,0	36,00	—	1	—	10 1/2	14,5
Natriumsulfat Na_2SO_4	1/2	17,0	35,50	—	6	—	16	16,2
„	1	15,0	35,50	—	6 1/4	—	10 1/4	17,2
„	1 1/2	15,0	35,50	—	6 1/2	—	15 1/2	16,0
„	2	16,0	35,50	—	6 3/4	—	14 1/2	15,7
„	3	16,5	34,50	—	7	—	16 3/4	14,9
Magnesiumsulfat $MgSO_4$	1/2	16,0	36,50	—	4 1/4	—	8 1/2	19,2
„	1	16,0	37,00	—	5	—	8	22,4
„	1 1/2	16,0	37,50	—	7 1/2	—	13	19,4
„	2	15,0	37,50	—	10 1/2	—	19 1/2	19,8
„	3	15,0	39,00	—	12	—	33	18,3
Gyps, $CaSO_4$	1/2	13,0	32,00	—	5	—	10	20,1
„	1	13,0	32,00	—	7 1/2	—	12	20,6
„	1 1/2	12,0	32,00	—	8 3/4	—	15	22,5
„	2	12,0	32,00	—	13 1/4	—	21 1/2	24,0
„	3	12,0	32,00	—	19 1/2	—	47 1/2	19,7
Kalialaun, gebrannt, $K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3$	1/2	14,5	32,00	—	2	—	4 1/2	21,4
„	1	14,5	32,00	—	1	—	4 1/2	21,3
„	1 1/2	15,0	32,50	—	1	—	4	22,9
„	2	15,0	33,00	—	1/2	—	5 1/2	23,4
„	3	15,0	33,50	—	1/2	—	7	23,0

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Eisenvitriol $FeSO_4 + 7\,H_2O$	1/2	17,0	31,50	—	2	—	3 1/2	18,6
„	1	17,0	31,50	—	2	—	3 3/4	19,9
„	1 1/2	16,5	32,50	—	2 3/4	—	5	19,1
„	2	16,0	33,50	—	3 1/4	—	6	19,6
„	3	16,0	34,00	—	4 1/4	—	9	20,3
Chlornatrium, NaCl	1/2	13,0	34,25	—	4	—	14	16,6
„	1	13,0	34,75	—	5 1/4	—	11 3/4	12,9
„	1 1/2	13,0	34,75	—	8 3/4	—	25 1/4	16,8
„	2	13,0	34,25	—	8	—	31	17,7
„	3	13,0	33,00	—	7	—	48 1/4	18,2
Chlorbaryum, $BaCl_2$	1/2	15,0	35,50	—	4	—	8 1/2	15,9
„	1	11,5	36,00	—	6 1/4	—	12 1/2	16,4
„	1 1/2	11,5	36,00	—	5 1/4	—	14	17,9
„	2	12,5	36,00	—	4 1/2	—	31 1/2	13,5
„	3	12,5	35,00	—	5 1/2	4	—	7,0
Kesslers Magnesium-fluat	1/2	18,0	31,50	—	2 1/2	—	7	21,8
„	1	18,0	32,00	—	1 3/4	—	4	29,0
„	1 1/2	18,0	32,50	—	3 3/4	—	6	24,5
„	2	18,0	32,00	—	2 1/2	—	6 1/2	24,6
„	3	15,5	32,00	—	3	—	8	24,6
Natriumkarbonat (Soda), Na_2CO_3	1/2	15,5	38,00	—	3	—	13	22,1
„	1	15,5	43,50	—	1 1/2	—	38	14,7
„	1 1/2	15,5	50,00	—	3/4	3	—	12,6
„	2	15,5	50,00	—	3/4	2	30	11,9
„	3	16,0	50,00	—	2 1/2	3	—	9,8
Ammonkarbonat $(NH_4)_2CO_3$	1/2	15,5	32,00	—	9	—	13	20,0
„	1	15,5	33,00	—	23	—	33 1/2	24,0
„	1 1/2	17,0	34,00	—	30	1	5	19,4
„	2	17,0	34,50	—	49	ca. 2	—	14,6
„	3	15,0	35,50	—	12	ca. 5	45	8,2

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn		Bindezeit		Temperatur-Erhöhung °C.
				Stunden	Minuten	Stunden	Minuten	
Kaliwasserglas K_2SiO_3	1/2	15,0	32,00	—	3	—	6 1/2	21,7
„	1	15,0	32,00	—	3	—	6 1/2	19,3
„	1 1/2	17,0	32,50	—	3	—	6 1/4	17,5
„	2	17,5	32,50	—	2 1/4	—	4 1/4	20,0
„	3	17,0	32,50	—	2 1/4	—	4 1/4	18,9
Kaolin, $H_2Al_2SiO_8$	1/2	14,5	32,00	—	1 1/2	—	3	21,0
„	1	14,5	34,00	—	1 1/2	—	2 1/2	24,0
„	1 1/2	14,5	33,00	—	2	—	3 1/2	23,0
„	2	14,5	32,00	—	2	—	3 1/2	23,0
„	3	14,5	33,00	—	2	—	3 1/2	23,0

b. Schlackencemente.

α. Schlackencement Choindez.

Kaliumsulfat, K_2SO_4	1/2	13,5	29,75	1	50	ca. 4	—	0,6
„	1	13,5	29,75	2	—	ca. 3	—	1,6
„	1 1/2	17,0	29,75	1	45	2	45	4,5
„	2	17,5	30,00	1	40	2	45	3,6
„	3	18,5	30,50	1	15	3	30	1,6
Natriumsulfat Na_2SO_4	1/2	12,0	29,75	2	20	ca. 4	25	—
„	1	12,0	29,75	2	30	ca. 4	—	1,4
„	1 1/2	12,0	29,75	2	40	ca. 4	—	3,0
„	2	12,0	29,75	2	40	ca. 3	50	4,2
„	3	12,5	29,75	2	45	ca. 3	50	4,4
Magnesiumsulfat $MgSO_4$	1/2	14,5	30,00	ca. 3	—	ca. 7	30	—
„	1	14,0	30,00	ca. 3	—	ca. 7	30	—
„	1 1/2	14,0	30,50	ca. 3	30	ca. 7	30	—
„	2	14,0	31,50	ca. 3	20	ca. 9	—	1,2
„	3	14,0	32,50	ca. 3	—	ca. 10	—	2,4

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn		Bindezeit		Temperatur-Erhöhung °C.
				Stunden	Minuten	Stunden	Minuten	
Gyps, $CaSO_4$	1/2	10,5	29,50	ca. 3	30	ca. 8	—	—
„	1	10,5	29,50	ca. 3	30	ca. 9	30	—
„	1 1/2	10,5	30,00	ca. 3	—	ca. 9	—	—
„	2	10,5	30,25	ca. 3	—	ca. 9	—	—
„	3	10,5	30,25	—	35	ca. 9	—	—
Kali-Alaun $K_2SO_4+Al_2(SO_4)_3$	1/2	12,0	31,00	1	50	7	30	—
„	1	12,0	32,00	1	50	6	20	—
„	1 1/2	12,0	32,25	1	40	4	40	—
„	2	12,5	32,50	1	20	4	—	—
„	3	12,5	34,25	—	45	2	15	1,7
Eisenvitriol $FeSO_4+7\ H_2O$	1/2	10,0	29,00	ca. 3	—	ca. 11	—	—
„	1	10,0	30,00	ca. 3	30	ca. 10	30	—
„	1 1/2	10,0	31,75	ca. 3	45	ca. 10	30	—
„	2	10,0	32,50	ca. 4	30	ca. 10	—	—
„	3	10,0	33,00	ca. 4	30	ca. 9	30	0,6
Chlornatrium, NaCl	1/2	15,0	29,50	1	40	6	30	1,0
„	1	13,0	29,50	2	—	6	30	4,6
„	1 1/2	13,5	29,50	2	—	6	50	2,6
„	2	14,0	29,50	2	15	7	—	1,5
„	3	14,5	29,50	2	45	7	40	1,8
Chlorbaryum, $BaCl_2$	1/2	11,0	29,50	ca. 2	—	8	—	—
„	1	11,0	29,50	1	45	8	—	—
„	1 1/2	11,0	29,50	1	30	7	30	—
„	2	11,5	30,00	1	15	7	—	—
„	3	11,5	28,50	—	50	7	—	—
Kesslers Magnesium-fluat	1/2	12,0	31,25	1	45	ca. 12	—	0,6
„	1	12,0	34,00	1	45	ca. 12	—	2,1
„	1 1/2	12,0	34,00	1	30	ca. 11	30	3,8
„	2	12,5	33,50	1	15	ca. 11	15	3,8
„	3	12,5	35,25	1	—	ca. 10	30	7,0

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Natriumkarbonat (Soda), Na_2CO_3	1/2	12,0	33,50	1	30	ca. 5	—	0,1
„	1	13,0	35,00	—	55	ca. 3	35	0,8
„	1 1/2	13,5	36,00	—	40	3	—	2,3
„	2	14,0	34,00	—	20	2	—	3,5
„	3	15,5	33,00	—	6	1	15	5,7
Ammonkarbonat $(NH_4)_2CO_3$	1/2	11,0	30,75	ca. 2	50	ca. 9	—	—
„	1	11,5	31,00	ca. 2	50	ca. 10	—	—
„	1 1/2	12,0	31,50	ca. 2	45	ca. 10	—	—
„	2	12,0	32,00	ca. 2	45	ca. 10	—	—
„	3	12,0	32,00	ca. 2	30	ca. 10	—	—
Kaliwasserglas K_2SiO_3	1/2	12,5	31,00	1	50	ca. 7	15	—
„	1	12,5	32,00	1	45	ca. 7	15	—
„	1 1/2	12,5	30,50	1	40	ca. 7	—	—
„	2	12,5	35,00	1	35	ca. 6	45	—
„	3	13,0	35,00	1	30	ca. 6	30	—
Kaolin, $H_2Al_2SiO_8$	1/2	11,0	29,50	ca. 2	30	ca. 10	—	—
„	1	11,0	29,50	ca. 2	—	ca. 9	30	—
„	1 1/2	11,0	29,50	ca. 2	20	ca. 9	—	—
„	2	11,0	30,00	ca. 2	20	ca. 9	—	—
„	3	11,0	31,00	ca. 2	15	ca. 9	—	—
	β. **Schlackencement Neunkirchen.**							
Kaliumsulfat, K_2SO_4	1/2	11,5	35,00	ca. 6	15	ca. 12	30	—
„	1	11,5	37,00	ca. 6	15	ca. 12	—	—
„	1 1/2	11,5	35,25	ca. 6	30	ca. 11	30	—
„	2	12,0	35,25	ca. 6	—	ca. 11	15	—
„	3	12,0	36,0	ca. 5	45	ca. 11	—	—
Natriumsulfat Na_2SO_4	1/2	13,5	36,00	ca. 6	—	ca. 12	—	—
„	1	13,5	36,50	ca. 6	—	ca. 13	30	—
„	1 1/2	13,5	37,00	ca. 6	15	ca. 14	—	—
„	2	13,5	37,00	ca. 6	15	ca. 14	30	—
„	3	13,5	37,00	ca. 6	30	ca. 15	—	—

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Magnesiumsulfat $MgSO_4$	1/2	11,5	36,00	ca. 7	15	ca. 17	—	0,3
„	1	11,5	38,00	ca. 7	30	ca. 16	—	0,7
„	1 1/2	11,5	38,00	ca. 7	—	ca. 15	—	1,1
„	2	11,5	38,50	ca. 5	—	ca. 15	—	1,9
„	3	11,5	39,75	ca. 4	—	ca. 14	—	2,5
Gyps, $CaSO_4$	1/2	13,0	35,50	ca. 7	—	ca. 18	—	—
„	1	13,0	36,00	ca. 6	30	ca. 17	—	—
„	1 1/2	13,0	37,00	ca. 4	30	ca. 17	—	—
„	2	13,0	38,00	ca. 3	45	ca. 15	—	—
„	3	13,0	38,00	ca. 2	—	ca. 11	—	—
Kalialaun $K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3$	1/2	12,0	38,25	ca. 7	30	ca. 12	30	—
„	1	12,0	38,25	ca. 5	45	ca. 11	15	1,0
„	1 1/2	12,0	38,50	ca. 5	—	ca. 10	30	1,0
„	2	12,0	39,25	ca. 4	—	ca. 10	—	2,0
„	3	12,5	41,50	ca. 3	—	ca. 9	20	3,8
Eisenvitriol $FeSO_4 + 7\ H_2O$	1/2	11,5	36,25	ca. 6	15	ca. 15	—	—
„	1	11,5	38,00	ca. 7	—	ca. 16	—	—
„	1 1/2	11,5	38,00	ca. 8	—	ca. 18	—	1,2
„	2	11,5	40,00	ca. 9	—	ca. 20	—	1,6
„	3	11,5	40,00	ca. 9	15	ca. 22	—	2,1
Chlornatrium, Kochsalz, NaCl	1/2	11,0	36,00	ca. 8	—	ca. 20	—	—
„	1	11,0	36,50	ca. 8	15	ca. 21	—	—
„	1 1/2	11,0	36,50	ca. 8	15	ca. 21	—	—
„	2	11,0	36,25	ca. 8	45	ca. 21	—	—
„	3	11,5	36,00	ca. 8	45	ca. 21	—	—
Chlorbaryum, $BaCl_2$	1/2	11,5	36,25	ca. 6	45	ca. 14	—	—
„	1	11,5	35,25	ca. 6	—	ca. 14	—	—
„	1 1/2	11,5	35,25	ca. 4	30	ca. 13	30	—
„	2	11,5	35,00	ca. 4	—	ca. 13	—	—
„	3	11,5	35,00	ca. 3	30	ca. 12	30	—

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Kesslers Magnesiumfluat	1/2	13,5	38,00	ca. 7	45	ca. 24	—	1,2
„	1	13,5	38,00	ca. 7	45	ca. 24	—	2,4
„	1 1/2	13,5	40,00	ca. 7	—	ca. 23	—	3,2
„	2	13,5	40,00	ca. 6	45	ca. 22	—	3,8
„	3	13,5	41,00	ca. 6	30	ca. 22	—	6,0
Natriumkarbonat (Soda), Na_2CO_3	1/2	11,0	38,00	ca. 8	30	ca. 15	—	—
„	1	11,0	39,00	ca. 6	30	ca. 11	15	—
„	1 1/2	11,0	40,50	4	15	ca. 8	—	—
„	2	11,0	40,50	2	30	ca. 6	30	—
„	3	11,0	40,50	1	10	ca. 4	30	0,3
Ammonkarbonat $(NH_4)_2CO_3$	1/2	11,5	38,50	ca. 9	—	ca. 17	—	—
„	1	11,5	39,25	ca. 10	—	ca. 20	—	—
„	1 1/2	11,5	39,50	ca. 10	—	ca. 20	—	—
„	2	11,5	39,50	ca. 9	30	ca. 22	—	—
„	3	11,5	41,00	ca. 9	30	ca. 24	—	—
Kaliwasserglas K_2SiO_3	1/2	12,0	37,50	ca. 6	30	ca. 14	—	—
„	1	12,0	37,50	ca. 7	50	ca. 13	—	—
„	1 1/2	12,0	38,25	ca. 8	—	ca. 13	—	—
„	2	12,0	38,25	ca. 8	—	ca. 13	—	—
„	3	12,0	38,50	ca. 8	—	ca. 13	—	—
Kaolin, $H_2Al_2SiO_8$	1/2	11,5	35,00	ca. 7	15	ca. 14	—	—
„	1	11,5	36,00	ca. 7	15	ca. 15	—	—
„	1 1/2	11,5	38,75	ca. 7	15	ca. 15	—	—
„	2	11,5	38,75	ca. 7	15	ca. 16	—	—
„	3	11,5	39,00	ca. 7	15	ca. 18	—	—

c. Portlandcemente.

a. Portlandcement Zurlinden & Co., Wildegg.

Kaliumsulfat, K_2SO_4	1/2	11,5	28,0	sofort b. Anmach.		—	13	14,2
„	1	12,0	29,0	„		—	30	12,4
„	1 1/2	12,0	30,5	„		1	—	11,8
„	2	12,5	32,0	„		1	30	9,4
„	3	12,5	34,0	—	7	3	—	7,4

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn		Bindezeit		Temperatur-Erhöhung °C.
				Stunden	Minuten	Stunden	Minuten	
Natriumsulfat Na_2SO_4	1/2	12,5	27,50	sofort b. Anmach.		—	50	9,0
„	1	12,5	27,50	—	1	—	45	12,6
„	1 1/2	12,5	27,50	—	1	—	30	12,5
„	2	12,5	27,00	—	1	—	30	13,1
„	3	12,5	26,50	—	1	—	45	9,6
Magnesiumsulfat $MgSO_4$	1/2	14,5	26,50	1	30	ca. 4	30	4,0
„	1	11,5	25,75	ca. 4	—	ca. 7	30	4,9
„	1 1/2	11,5	25,50	ca. 3	30	ca. 7	30	5,8
„	2	11,5	25,75	ca. 3	30	ca. 7	45	5,8
„	3	12,0	27,50	—	50	ca. 8	—	7,8
Gyps, $CaSO_4$	1/2	10,5	25,00	—	30	ca. 3	30	2,0
„	1	11,0	25,00	ca. 4	—	ca. 7	—	1,2
„	1 1/2	11,0	25,50	ca. 7	30	ca. 14	—	—
„	2	11,0	25,00	ca. 5	30	ca. 9	—	—
„	3	11,5	24,50	ca. 5	—	ca. 8	—	0,8
Kalialaun $K_2SO_4+Al_2(SO_4)_3$	1/2	12,5	27,50	—	1,0	—	40	12,7
„	1	12,5	29,75	—	2,5	1	—	12,6
„	1 1/2	12,5	31,50	—	2,5	ca. 2	30	12,9
„	2	13,0	32,50	—	2,5	2	—	14,6
„	3	13,0	33,00	—	2,5	—	40	18,0
Eisenvitriol $FeSO_4+7\,H_2O$	1/2	11,0	27,00	—	12	1	—	8,8
„	1	11,0	26,50	—	36	ca. 2	—	7,4
„	1 1/2	11,0	27,00	2	—	ca. 3	15	5,0
„	2	11,0	28,00	ca. 3	—	ca. 6	—	4,2
„	3	11,0	29,75	ca. 2	30	ca. 6	—	9,0
Chlornatrium (Kochsalz), NaCl	1/2	10,0	27,00	—	1	1	—	11,7
„	1	10,0	27,00	—	1	1	—	9,6
„	1 1/2	10,0	27,00	—	1	1	25	9,4
„	2	11,0	28,00	sofort b. Anmach.		1	40	10,4
„	3	10,5	28,50	sofort b. Anmach.		2	20	8,0

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Chlorbaryum, $BaCl_2$	1/2	14,0	34,00	—	1	ca. 2	—	8,5
„	1	13,5	32,50	—	7	ca. 4	30	6,4
„	1 1/2	13,5	28,50	—	55	ca. 10	—	3,4
„	2	10,5	28,00	ca. 4	—	ca. 12	—	—
„	3	11,0	27,25	ca. 2	30	ca. 9	30	—
Kesslers Magnesium-fluat	1/2	13,0	26,00	—	15	—	35	12,0
„	1	13,0	25,50	—	45	2	15	7,5
„	1 1/2	13,5	26,00	—	40	1	10	10,0
„	2	10,5	26,50	—	3 1/2	—	10	17,4
„	3	10,5	27,00	—	1/2	—	10	19,2
Soda, Na_2CO_3 Natriumkarbonat	1/2	12,0	28,50	—	1/2	—	35	14,0
„	1	12,0	28,50	—	1/2	—	15	16,3
„	1 1/2	11,0	28,00	—	2 1/2	—	15	15,9
„	2	13,0	24,00	—	4	—	12	14,4
„	3	13,0	23,50	—	6	—	10	15,7
Ammonkarbonat $(NH_4)_2CO_3$	1/2	12,0	25,00	—	9 1/2	—	25	14,0
„	1	12,0	25,50	—	50	1	30	10,7
„	1 1/2	12,0	25,50	1	30	ca. 8	—	2,7
„	2	12,0	25,50	1	30	ca. 8	—	2,1
„	3	12,0	26,50	1	—	ca. 6	—	1,0
Kaliwasserglas K_2SiO_3	1/2	11,5	28,00	—	1/2	—	8	14,1
„	1	11,5	28,00	—	1/2	—	8	15,6
„	1 1/2	12,0	27,50	sofort b. Anmach.		—	6	16,6
„	2	12,0	25,00	sofort b. Anmach.		—	5	15,8
„	3	12,5	26,00	—	1/2	—	6	16,5
Kaolin, geschl. $H_2Al_2Si_2O_8$	1/2	12,0	29,50	—	1 1/2	—	25	11,8
„	1	12,0	29,00	—	2	—	25	12,8
„	1 1/2	12,0	28,75	—	2 1/2	—	25	13,4
„	2	12,0	28,50	—	2 1/2	—	30	12,8
„	3	12,0	28,50	—	2 1/2	—	35	12,4

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunde	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
β. **Portlandcement Feer & Flatt, Müllheim.**								
Kaliumsulfat, K_2SO_4	1/2	12,0	27,00	—	10	ca 2	45	5,6
„	1	12,0	27,00	—	19	ca. 6	30	3,3
„	1 1/2	12,0	27,25	—	40	ca. 6	45	2,4
„	2	12,5	27,75	—	25	ca. 6	30	2,1
„	3	12,5	28,50	—	15	ca. 6	15	2,6
Natriumsulfat Na_2SO_4	1/2	13,5	27,50	—	8	ca. 3	—	7,2
„	1	13,5	27,50	—	10	ca. 5	—	6,0
„	1 1/2	13,5	27,50	—	12	ca. 7	30	5,3
„	2	13,5	27,50	—	16	ca. 7	45	4,6
„	3	13,5	26,50	—	35	ca. 8	—	3,5
Magnesiumsulfat $MgSO_4$	1/2	14,0	27,00	ca. 4	—	ca. 15	—	2,0
„	1	14,0	28,00	ca. 4	30	ca. 19	—	2,5
„	1 1/2	14,0	28,00	ca. 5	—	ca. 19	—	3,5
„	2	14,0	28,25	ca. 5	—	ca. 19	—	4,5
„	3	14,0	29,25	ca. 6	—	ca. 23	—	4,8
Gyps, $CaSO_4$	1/2	12,5	27,00	ca. 6	45	ca. 11	30	1,7
„	1	12,5	26,75	ca. 7	—	ca. 13	—	1,7
„	1 1/2	12,5	26,50	ca. 7	—	ca. 14	30	2,0
„	2	12,5	26,25	ca. 7	—	ca. 16	30	2,0
„	3	13,5	25,50	ca. 6	30	ca. 20	30	2,2
Kali-Alaun $K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3$	1/2	15,0	27,50	—	3 1/2	1	15	7,8
„	1	15'0	28,50	—	2	1	—	9,2
„	1 1/2	15,0	30,50	—	1 1/2	—	50	12,2
„	2	15,0	32,50	—	1 1/2	—	50	13,8
„	3	15,0	31,00	—	4 1/2	—	40	15,6
Eisenvitriol $FeSO_4 + 7\ H_2O$	1/2	13,5	27,50	—	6	2	30	9,4
„	1	13,5	27,75	—	45	ca. 7	—	3,9
„	1 1/2	13,5	28,00	ca. 5	—	ca. 18	30	4,1
„	2	13,5	28,50	ca. 7	—	ca. 19	—	5,1
„	3	14,0	28,75	2	45	ca. 20	30	5,5

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Chlornatrium (Kochsalz) NaCl	1/2	11,5	27,50	—	7	2	30	6,4
„	1	12,0	27,50	—	8 1/2	ca. 5	—	5,2
„	1 1/2	12,0	27,50	—	25	ca. 8	30	4,5
„	2	12,0	27,00	1	—	ca. 10	—	3,3
„	3	12,0	26,50	4	30	ca. 11	30	1,9
Chlorbaryum $BaCl_2$	1/2	14,0	27,50	—	7 1/2	ca. 5	—	6,6
„	1	14,0	28,00	ca. 4	—	ca. 19	45	2,2
„	1 1/2	14,0	29,00	ca. 5	—	ca. 19	—	2,0
„	2	14,0	27,50	ca. 4	30	ca. 19	—	2,8
„	3	14,0	27,00	ca. 4	—	ca. 19	—	3,0
Kesslers Magnesiumfluat	1/2	13,5	26,75	—	5	2	15	9,3
„	1	13,5	26,75	—	5	3	—	10,1
„	1 1/2	13,5	28,00	—	1	2	30	12,6
„	2	13,5	28,00	—	1	1	45	13,4
„	3	13,5	28,50	—	25	7	30	10,1
Natriumkarbonat (Soda), Na_2CO_3	1/2	13,5	30,50	—	3	ca. 5	—	6,0
„	1	13,5	31,00	—	3 1/2	ca. 5	30	5,4
„	1 1/2	13,5	32,00	—	5 1/2	ca. 6	—	5,9
„	2	13,5	32,00	—	4	ca. 4	45	7,6
„	3	13,5	28,50	—	2	ca. 4	—	9,9
Ammonkarbonat $(NH_4)_2CO_3$	1/2	14,5	27,50	—	33	2	—	10,1
„	1	14,5	28,25	4	—	18	—	2,8
„	1 1/2	14.5	28,25	2	30	ca. 27	—	2,9
„	2	14.5	29,00	1	30	ca. 26	—	3,4
„	3	14,5	29,00	—	12	ca. 22	—	5,0
Kaliwasserglas K_2SiO_3	1/2	12,5	27,50	—	4	ca. 3	30	8,1
„	1	12,5	27,50	—	4	ca. 3	45	7,2
„	1 1/2	12,5	28,00	—	3	ca. 4	—	6,5
„	2	12,5	29,00	—	4	ca. 5	—	6,1
„	3	12,5	29,00	—	4	ca. 7	—	5,6

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Kaolin $H_2Al_2Si_2O_8$	1/2	12,5	27,75	—	6	3	30	8,0
„	1	12,5	27,75	—	7	3	30	8,3
„	1 1/2	12,5	27,75	—	6	3	20	7,9
„	2	12,5	28,00	—	6	3	15	8,0
„	3	12,5	28,50	—	5	3	—	8,6
			γ. Portlandcement Dittingen.					
Kaliumsulfat, K_2SO_4	1/2	12,5	27,00	6	30	ca. 11	—	3,4
„	1	12,5	27,00	4	—	ca. 10	30	3,9
„	1 1/2	12,5	27,00	—	15	ca. 10	45	3,2
„	2	12,5	29,00	3	45	ca. 10	—	3,4
„	3	12,5	30,50	3	30	ca. 9	30	3,8
Natriumsulfat Na_2SO_4	1/2	12,0	27,50	6	40	ca. 10	30	2,8
„	1	12,0	27,50	7	30	ca. 11	—	4,0
„	1 1/2	14,5	27,75	6	45	ca. 10	—	3,5
„	2	14,5	27,75	6	15	ca. 10	—	3,5
„	3	14,5	28,50	5	30	ca. 10	—	4,5
Magnesiumsulfat $MgSO_4$	1/2	15,0	27,75	6	30	ca. 19	—	3,9
„	1	15,0	28,00	4	15	ca. 17	—	3,6
„	1 1/2	15,0	29,00	3	15	ca. 13	—	5,1
„	2	15,0	30,00	5	—	ca. 18	—	3,2
„	3	15,0	30,75	8	—	ca. 30	—	5,1
Gyps, gebrannt $CaSO_4$	1/2	12,0	27,50	7	—	11	—	2,8
„	1	12,0	27,50	7	—	10	50	2,0
„	1 1/2	12,0	27,50	6	40	10	45	1,9
„	2	12,0	27,75	6	40	10	45	2,0
„	3	12,0	28,50	6	30	10	30	2,1
Kalialaun $K_2SO_4+Al_2(SO_4)_3$	1/2	11,5	28,50	6	15	ca. 12	—	3,6
„	1	11,5	30,00	5	—	ca. 9	30	7,3
„	1 1/2	11,5	31,00	2	15	ca. 9	—	9,8
„	2	12,0	36,00	—	40	3	30	17,5
„	3	12,0	34,50	—	2 1/2	1	20	21,7

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Eisenvitriol $FeSO_4 + 7\ H_2O$	1/2	12,0	27,50	ca. 8	—	ca. 18	—	4,0
„	1	12,0	27,50	ca. 12	—	ca. 26	—	4,4
„	1 1/2	12,0	27,75	ca. 10	—	ca. 21	30	5,1
„	2	12,0	27,75	ca. 6	—	ca. 17	—	6,5
„	3	12,0	29,50	1	—	ca. 13	—	8,4
Chlornatrium (Kochsalz) NaCl	1/2	12,5	27,00	ca. 6	15	ca. 12	30	2,9
„	1	12,5	27,00	ca. 5	30	ca. 12	30	3,1
„	1 1/2	12,5	27,00	ca. 5	50	ca. 12	20	2,9
„	2	12,5	26,75	ca. 6	—	ca. 12	15	2,9
„	3	12,5	26,00	ca. 6	15	ca. 12	—	2,9
Chlorbaryum, $BaCl_2$	1/2	12,0	27,50	ca. 5	15	ca. 12	—	2,5
„	1	12,0	27,50	ca. 4	45	ca. 11	30	2,5
„	1 1/2	12,0	26,75	ca. 4	30	ca. 11	15	2,8
„	2	12,0	28,50	ca. 4	15	ca. 11	—	2,5
„	3	12,0	27,50	ca. 3	—	ca. 10	—	3,4
Kesslers Magnesiumfluat	1/2	13,5	28,50	ca. 8	30	ca. 20	30	3,4
„	1	13,0	29,50	—	21	4	15	6,4
„	1 1/2	13,0	30,50	—	15	4	—	9,7
„	2	13,5	29,00	—	11	ca. 9	—	8,0
„	3	13,5	29,00	2	30	ca. 28	—	7,2
Natriumkarbonat (Soda) Na_2CO_3	1/2	12,5	28,00	—	40	8	30	5,4
„	1	12,5	29,00	—	4	3	15	7,7
„	1 1/2	12,5	29,00	sofort b. Anmach.		3	—	8,8
„	2	12,5	29,00	—	5	5	—	10,4
„	3	12,5	28,25	—	5	4	15	10,6
Ammonkarbonat $(NH_4)_2CO_3$	1/2	12,5	28,50	3	30	ca. 13	—	2,2
„	1	12,5	29,50	5	20	ca. 16	—	2,0
„	1 1/2	12,5	29,50	5	35	ca, 19	—	2,1
„	2	12,5	30,00	7	15	ca. 22	—	2,7
„	3	12,5	29,50	7	45	ca. 24	—	4,3

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Kaliwasserglas K_2SiO_3	1/2	12,0	27,50	6	15	ca. 14	30	2,0
„	1	12,0	27,50	8	30	ca. 15	—	2,4
„	1 1/2	12,0	28,00	8	30	ca. 16	—	2,4
„	2	12,0	28,50	9	40	ca. 18	—	2,5
„	3	12,0	29,00	9	45	ca. 20	—	2,6
Kaolin $H_2Al_2Si_2O_8$	1/2	12,0	27,75	6	15	ca. 12	—	1,9
„	1	12,0	27,75	6	50	ca. 12	30	1,7
„	1 1/2	12,0	28,25	6	50	ca. 13	—	2,0
„	2	12,0	28,50	7	15	ca. 13	15	3,7
„	3	12,0	29,00	7	30	ca. 13	30	2,8
			δ. Portlandcement St. Sulpice.					
Kaliumsulfat, K_2SO_4	1/2	13,0	29,25	1	30	ca. 11	—	2,0
„	1	13,0	30,25	1	10	ca. 9	30	2,8
„	1 1/2	13,0	30,00	2	—	ca. 11	30	2,0
„	2	13,0	29,75	1	45	ca. 10	30	2,1
„	3	13,0	29,50	1	30	ca. 9	30	1,6
Natriumsulfat Na_2SO_4	1/2	12,5	29,50	6	—	ca. 18	—	0,8
„	1	12,5	31,00	6	20	ca. 19	—	1,5
„	1 1/2	12,5	32,00	6	30	ca. 26	30	3,0
„	2	12,5	33,00	6	40	ca. 33	—	3,9
„	3	12,5	31,50	6	30	ca. 36	—	5,5
Magnesiumsulfat $MgSO_4$	1/2	13,5	29,50	5	20	ca. 21	—	0,7
„	1	14,0	30,50	5	20	ca. 21	30	0,4
„	1 1/2	14,0	31,00	5	30	ca. 23	—	1,2
„	2	14,0	32,00	5	45	ca. 30	30	1,8
„	3	14,0	33,50	6	—	ca. 29	30	3,0
Gyps, $CaSO_4$	1/2	10,0	29,00	10	15	ca. 22	—	0,4
„	1	10,0	29,25	10	15	ca. 23	—	0,9
„	1 1/2	10,0	29,50	10	30	ca. 26	—	1,2
„	2	10,0	30,75	11	30	ca. 29	—	1,2
„	3	10,0	30,50	12	30	ca. 32	—	1,4

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Kali-Alaun $K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3$	1/2	13,0	29,50	—	35	ca. 7	—	3,3
„	1	14,0	30,00	—	18	ca. 4	—	5,8
„	1 1/2	14,0	30,25	—	33	3	10	5,5
„	2	14,0	30,25	—	45	2	40	5,4
„	3	14,0	31,00	1	20	2	40	4,8
Eisenvitriol $FeSO_4 + 7\ H_2O$	1/2	12,0	30,00	1	—	ca. 9	—	3,2
„	1	12,0	30,00	7	15	ca. 15	—	1,9
„	1 1/2	12,0	30,50	ca. 13	—	ca. 29	—	2,3
„	2	12,0	30,50	cc. 12	—	ca. 33	—	3,0
„	3	12,0	31,00	ca. 3	—	ca. 28	30	3,8
Chlornatrium (Kochsalz) NaCl	1/2	17,5	29,25	—	53	7	—	1,6
„	1	17,0	29,25	—	37	6	30	2,6
„	1 1/2	17,0	29,25	—	25	6	15	3,6
„	2	17,0	29,25	—	22	5	45	4,1
„	3	17,0	29,25	—	20	5	30	4,2
Chlorbaryum, $BaCl_2$	1/2	15,0	29,00	1	—	5	30	2,4
„	1	15,0	29,50	—	10	6	45	2,6
„	1 1/2	15,0	29,50	5	30	ca. 14	—	—
„	2	12,0	29,00	ca. 6	—	ca. 24	—	1,3
„	3	12,0	29,50	ca. 5	—	ca. 22	—	1,1
Kesslers Magnesiumfluat	1/2	12,0	29,00	7	30	ca. 19	—	1,0
„	1	12,0	29,00	ca. 9	—	ca. 21	—	1,9
„	1 1/2	12,0	29,50	2	30	ca. 19	30	3,1
„	2	12,0	30,00	2	—	ca. 18	30	4,6
„	3	12,0	30,25	—	45	ca. 24	—	6,8
Natriumkarbonat (Soda) Na_2CO_3	1/2	12,0	29,50	—	14	6	40	2,4
„	1	12,0	31,00	1	—	6	—	0,7
„	1 1/2	12,0	31,00	2	—	7	30	1,0
„	2	12,0	30,25	3	30	7	15	2,7
„	3	11,5	29,75	3	10	6	40	1,7

Zuschlag	Menge %	Luft-temperatur °C.	Normal-konsistenz % H_2O	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten	Temperatur-Erhöhung °C.
Ammonkarbonat $(NH_4)_2CO_3$	1/2	13,0	30,25	ca. 9	—	ca. 25	—	0,8
„	1	13,0	31,25	ca. 9	—	ca. 31	—	1,5
„	1 1/2	13,0	32,00	ca. 9	—	ca. 32	—	2,7
„	2	13,0	33,00	ca. 9	—	ca. 33	—	3,5
„	3	13,0	32,50	ca. 6	—	ca. 34	—	5,4
Kaliwasserglas K_2SiO_3	1/2	13,0	29,00	4	15	ca. 13	—	—
„	1	13,0	29,75	2	15	ca. 10	—	0,2
„	1 1/2	13,0	29,75	—	40	ca. 6	30	2,0
„	2	13,0	30,00	—	35	ca. 6	—	2,2
„	3	13,0	30,75	—	30	ca. 8	30	0,8
Kaolin, $H_2Al_2Si_2O_8$	1/2	12,0	29,25	6	30	ca. 15	—	0,5
„	1	12,0	29,75	7	50	ca. 15	—	0,7
„	1 1/2	12,0	30,25	6	—	ca. 14	30	0,4
„	2	12,0	30,50	7	15	ca. 14	30	0,5
„	3	12,0	30,75	4	20	ca. 13	—	0,6

Bemerkungen.

1. Bei den Versuchen mit Alaun bei 0° C. (s. Seite 292 u. f.) ist die Temperatur nur angenähert innezuhalten, da der Zusatz des Alauns eine solche Temperatur-Erhöhung bewirkt (bei gewöhnlicher Temperatur geht beispielsweise die Erhöhung bis auf 26° C. bei einem Zusatz von 4 %), dass innerhalb der Bindezeit die Abkühlung auf 0° C. oft nicht zu erreichen ist.

2. Beim Zusatz von Ammonkarbonat zum Schlackencement Choindez (s. Seite 309) ist zu bemerken, dass von 1 % Beimengung an sämtliche Proben innert 10—15 Minuten so hart werden, dass die Nadel kaum 1 *mm* eindrang. Im Verlauf der nächsten halben Stunde erweichten die Kuchen; die Nadel durchdrang dieselben wieder vollständig. Der a. b. O. angegebene Erhärtungsbeginn ist der definitive.

f. Resultate der Prüfung der Einläufe aus den Jahren 1886 bis einschliesslich 1893.

In nachstehenden Zusammenstellungen geben wir in einer Auswahl eine Übersicht über die Resultate der Prüfung der Abbindeverhältnisse der unterschiedlichen, seit 1886 bis ausschliesslich 1894 im eidg. Festigkeitsinstitute geprüften hydraul. Bindemittel. Die laufenden No. dieser Zusammenstellungen entsprechen denjenigen der tabellarischen Zusammenstellungen der Gewichtsverhältnisse, vergl. Seite 157—168; ein und dieselbe laufende No. der Zusammenstellungen gehört also dem nämlichen Bindemittel an.

Bezüglich der Auswahl der Individuen der unterschiedlichen Bindemittelgattung in nachstehenden Zusammenstellungen vergl. die Anmerkungen auf Seite 156.

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 4900	Luft-temperatur °C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung °C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
Hydraulische Kalke.										
Jahrgang 1886.										
1	—	9,0	—	15,2	50,0	0,5	3	30	c. 72	—
2	—	16,4	—	18,0	38,5	0,7	2	30	5	—
3	—	10,0	26,5	17,3	40,0	4,0	1	35	15	—
Jahrgang 1887.										
4	—	15,6	—	14,5	44,5	6,7	1	—	30	—
5	—	17,0	—	14,0	48,0	4,6	—	30	c. 120	—
6	—	19,6	—	18,7	41,5	Spuren	2	—	20	—
7	—	17,5	—	21,0	42,0	—	1	25	33	—
8	—	12,0	—	23,5	42,5	—	2	—	c. 60	—
9	—	15,0	—	18,0	45,0	5,9	—	14	c. 42	—
10	—	7,8	—	18,0	45,0	5.1	—	11	3	—
Jahrgang 1888.										
11	—	4,0	—	18,0	35,0	1,1	c. 5	15	10	—
12	—	15,0	—	14,5	47,5	Spuren	—	30	32	30
13	—	10,3	—	13,5	65,0	Spuren	6	15	24	—
14	—	18,5	—	13,0	37,5	—	1	—	c. 96	—
15	—	11,6	—	18,0	41,5	1,7	1	55	24	—
16	—	32,0	—	19,5	35,0	—	2	30	30	—
17	—	19,2	—	20,0	37,5	2,0	1	45	30	—
18	—	13,0	—	19,0	38,5	—	4	30	49	—
19	—	23,6	—	20,0	34,0	—	3	30	48	—
20	—	5,5	—	20,0	52,5	Spuren	2	15	c. 288	—
21	—	19,6	—	18,0	34,0	—	4	—	21	—
Jahrgang 1889.										
22	—	24,0	45,0	17,0	34,5	8,4	—	2	3	—
23	—	13,5	—	15,5	34,5	Spuren	1	30	24	—
24	—	11,4	—	15,5	35,0	—	12	—	32	—
25	—	4,6	—	16,0	40,0	—	7	—	36	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 4900	Lufttemperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
26	—	6,2	—	14,5	32,0	0,0	3	15	35	—
27	—	16,4	—	15,0	40,0	Spuren	3	15	40	—
28	—	12,0	—	19,5	33,0	5,3	—	16	c. 84	—
29	—	10,8	—	16,5	48,5	2,7	—	30	c. 120	—
30	—	8,5	—	15,5	47,0	—	2	—	c. 60	—
31	—	8,0	—	17,0	45,0	—	4	30	40	—
32	—	17,0	—	18,0	38,5	—	5	30	24	—
33	—	18,0	—	17,5	42,0	—	1	20	40	—
34	—	15,2	—	18,5	37,0	—	3	—	26	—
35	—	14,5	—	18,3	36,0	—	2	20	10	—
36	—	20,6	—	18,5	39,0	—	5	30	37	—
37	—	12,6	—	19,0	43,5	—	2	45	30	—
38	—	10,8	—	19,5	40,0	—	6	—	c. 43	—
39	—	10,0	—	19,0	36,0	0,4	—	35	c. 99	—
40	—	8,0	—	20,0	36,5	—	5	—	28	—
41	—	20,6	—	18,6	39,0	—	1	40	30	—
42	—	9,0	—	20,5	38,0	—	—	20	32	—
43	—	13,4	—	19,3	40,0	—	10	30	c. 42	—
44	—	21,5	—	19,5	34,5	—	2	30	c. 42	—
45	—	16,6	—	19,5	39,5	—	6	—	60	—
46	—	11,0	—	19,5	48,5	—	6	—	40	—
47	—	8,5	—	19,5	38,0	—	—	19	52	—
48	—	12,6	—	17,6	36,0	—	2	30	30	—
49	—	23,5	—	17,0	33,5	—	5	20	25	—
50	—	26,0	—	17,0	37,5	—	4	—	36	—
51	—	9,8	—	17,2	37,0	—	3	40	22	—
52	—	19,4	—	17,2	35,5	—	—	8	24	—
53	—	8,0	—	16,4	46,0	—	1	50	c. 50	—
54	—	8,6	—	17,7	50,0	—	1	05	c. 70	—
55	—	16,2	—	19,0	43,5	—	1	10	c. 65	—
56	—	12,0	—	19,0	42,0	—	3	—	c. 45	—
57	—	12,0	—	15,1	37,0	—	5	40	26	—
58	—	12,0	—	13,3	40,0	—	2	—	30	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb	4900 Sieb	Lufttemperatur ⁰C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ⁰C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Minuten	Bindezeit Stunden	Minuten
				Jahrgang 1890.						
59	—	11,5	—	12,5	30,5	—	7	—	24	—
60	—	1,4	—	13,0	50,0	—	—	35	13	30
61	—	12,4	—	13,5	45,0	—	—	3	35	—
62	—	4,0	—	13,5	50,0	—	—	6	c. 55	—
63	—	7,1	—	13,0	42,0	—	—	4	c. 55	—
64	—	6,1	—	13,0	40,0	—	—	4	c. 55	—
65	—	14,1	—	13,6	42,0	—	—	40	c. 48	—
66	—	25,5	—	14,0	39,0	—	c. 23	15	c. 144	—
67	—	8,4	—	14,0	43,5	—	—	18	35	—
68	—	13,3	—	14,0	43,0	—	—	15	c. 84	—
69	—	12,0	—	15,3	35,5	—	c. 11	—	c. 45	—
70	—	14,0	—	16,5	40,0	—	—	1,5	1	15
71	—	8,2	—	17,0	50,0	—	1	15	c. 120	—
72	—	18,4	—	17,5	37,0	—	2	40	c. 96	—
73	—	3,5	—	18,5	52,0	—	1	7	c. 72	—
74	—	15,2	—	15,2	35,0	—	5	5	32	—
75	—	16,0	—	15,6	43,0	—	5	—	c. 72	—
76	—	30,0	—	16,7	39,0	—	—	6	22	—
77	—	—	—	14,2	77,0	—	48	—	c. 336	—
78	—	16,0	—	14,2	40,5	—	5	20	c. 50	—
79	—	22,0	—	12,8	34,0	—	2	5	24	—
80	—	3,8	—	14,6	35,0	—	—	4	c. 96	—
81	—	14,8	—	14,4	43,0	—	5	—	29	—
82	—	6,8	—	14,2	50,0	—	4	—	c. 96	—
83	—	10,3	—	14,2	35,5	—	5	30	40	—
84	—	4,0	—	10,8	32,5	—	—	15	20	—
				Jahrgang 1891.						
85	—	16,2	—	12,0	41,0	—	1	50	c. 84	—
86	—	8,0	—	12,0	40,5	—	2	15	12	—
87	—	15,0	—	12,4	35,0	—	c. 19	—	40	—
88	—	8,3	—	14,0	37,0	—	1	5	c. 252	—
89	—	18,5	—	14,5	43,0	—	3	45	c. 43	—
90	—	12,6	—	13,3	39,0	—	1	20	3	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 4900	Lufttemperatur °C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung °C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
91	—	14,0	—	15,9	42,0	—	7	—	30	—
92	32	17,0	—	17,0	33,5	—	10	—	28	—
93	—	16,5	—	16,0	37,0	—	7	—	26	—
94	33	20,5	—	16,0	35,0	—	c. 5	—	c. 120	—
95	—	22,0	—	16,3	39,5	—	3	30	27	—
96	—	18,0	—	17,2	32,0	—	7	—	27	—
97	—	18,8	—	19,2	40,0	—	5	15	c. 108	—
98	34	18,3	—	17,3	37,0	—	4	10	22	—
99	—	13,7	—	16,5	35,5	—	c. 8	—	c. 120	—
100	—	12,5	—	17,6	41,0	—	6	10	c. 50	—
101	—	19,0	—	17,6	37,0	—	3	—	c. 50	—
102	—	15,8	—	17,0	36,0	—	—	50	c. 84	—
103	—	10,5	—	17,0	40,0	—	1	20	c. 96	—
104	—	24,0	—	13,3	40,0	—	4	45	c. 55	—
105	—	16,4	—	14,0	36,0	—	9	80	28	—
106	—	23,0	—	13,3	39,0	—	1	55	20	—
107	38	10,8	—	14,0	56,0	—	c. 13	—	c. 96	—
108	—	21,1	—	15,4	48,0	—	2	15	c. 72	—
109	—	11,3	—	12,5	45,0	—	c. 7	—	c. 108	—
				Jahrgang 1892.						
110	—	16,4	—	15.5	42,0	—	2	30	c. 48	—
111	—	6,5	—	13,0	40,0	—	—	45	30	—
112	—	10,7	—	14,3	40,5	—	—	12	c. 48	—
113	—	14,4	—	12,3	43,0	—	2	—	24	—
114	—	22,4	—	14,2	37,0	—	c. 36	—	c. 72	—
115	—	18,0	—	17,3	40,0	—	1	30	c. 72	—
116	—	14,6	—	17,3	33,0	—	5	—	30	—
117	—	18,0	—	18,0	40,5	—	2	—	c. 50	—
118	40	2,2	—	18,7	27,5	—	15	—	c. 192	—
119	—	12,0	—	17,5	38,0	—	c. 8	—	c. 96	—
120	—	16,8	—	16,5	42,0	—	2	30	c. 50	—
121	—	11,6	—	16,5	37,75	—	c. 8	—	c. 45	—
122	—	10,8	—	16,2	48,0	—	2	—	c. 72	—
123	—	12,6	—	21,0	32,5	—	2	—	c. 50	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 | 4900 Sieb		Luft-temperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
124	—	16,3	—	18,7	42,5	—	4	30	c. 60	—
125	—	5,3	—	18,7	58,5	—	6	30	c. 120	—
126	—	18,6	—	21,5	31,5	—	4	—	30	—
127	—	4,1	—	15,6	44,5	—	2	30	7	—
128	—	3,7	—	15,6	45,0	—	5	—	c. 120	—
129	43	6,2	—	15,6	35,0	—	2	15	c. 84	—
130	—	15,8	—	15,5	41,0	—	c. 6	—	c. 57	—
131	—	9,7	—	15,0	39,0	—	c. 5	—	c. 55	—
132	44	19,9	—	14,0	31,5	—	c. 8	30	144	—
133	—	26,3	—	16,5	48,5	—	1	15	10	—
134	—	12,2	—	16,5	37,0	—	c. 5	30	24	—
135	—	17,6	—	17,0	39,0	—	2	—	36	—
136	—	18,5	—	17,0	46,5	—	c. 6	—	c. 204	—
137	—	8,5	—	17,0	55,5	—	—	45	c. 108	—
138	—	14,6	—	17,0	40,0	—	4	30	c. 50	—
139	—	10,9	—	16,0	44,0	—	c. 6	—	c. 55	—
140	—	3,9	—	16,5	31,5	—	3	45	22	—
141	—	9,1	—	16,7	35,5	—	c. 4	—	15	—
				Jahrgang 1893.						
142	—	18,4	—	14,0	34,5	—	5	—	24	—
143	—	0,6	—	14,0	62,0	—	c. 8	—	c. 120	—
144	—	5,0	—	15,4	43,5	—	4	—	c. 96	—
145	—	6,0	—	15,0	50,0	—	1	30	c. 192	—
146	—	13,7	—	15,0	34,5	—	—	30	20	—
147	—	11,8	—	15,0	33,75	—	2	45	30	—
148	—	5,2	—	15,7	51,0	—	3	45	c. 72	—
149	—	24,7	—	15,7	43,0	—	c. 10	—	c. 240	—
150	—	13,5	—	13,5	36,25	—	c. 7	30	c. 192	—
151	—	14,6	—	14,0	33,0	—	4	—	24	—
152	—	12,2	—	14,6	39,0	—	3	—	c. 50	—
153	—	20,2	—	14,6	30,0	—	c. 7	—	c. 72	—
154	—	10,0	—	15,5	36,0	—	—	35	c. 96	—
155	—	9,9	—	16,2	45,0	—	5	30	28	—
156	—	14,8	—	16,2	45,0	—	5	—	35	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	4900	Lufttemperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Minuten	Bindezeit Stunden	Minuten
157	—	10,1	—	17,2	41,5	—	2	30	c. 60	—
158	—	24,4	—	17,2	37,0	—	1	15	c. 60	—
159	—	15,0	—	16,5	37,0	—	3	—	24	—
160	—	14,2	—	16,5	36,5	—	2	30	12	—
161	—	26,5	—	19,5	34,5	—	4	30	40	—
162	—	4,9	—	19,5	44,5	—	1	30	c. 84	—
163	—	16,4	—	19,5	34,5	—	2	45	20	—
164	—	10,7	—	20,0	41,0	—	4	15	c. 45	—
165	—	5,8	—	18,0	35,0	—	—	25	c. 144	—
166	—	8,6	—	20,0	38,0	—	2	30	26	—
167	—	10,0	—	19,0	39,0	—	1	—	24	—
168	—	19,8	—	19,0	42,0	—	—	15	c. 84	—
169	—	9,8	—	16,3	46,0	—	1	—	c. 60	—
170	—	9,4	—	16,3	43,0	—	1	—	c. 50	—
171	—	1,4	—	16,3	40,0	—	—	25	7	30
172	—	7,0	—	15,0	30,5	—	c. 12	—	c. 72	—
173	—	8,7	—	15,0	34,0	—	—	30	c. 48	—
174	—	17,6	—	15,5	44,0	—	2	—	c. 72	—
175	—	24,4	—	15,5	40,0	—	5	—	c. 90	—
176	—	18,2	—	10,0	30,0	—	2	—	26	—

Romancement.

Jahrgang 1886.

1	—	5,0	18,0	12,0	35,0	5,8	—	35	2	—
2	—	0,9	8,3	11,0	34,5	12,5	—	14	—	48
3	—	13,8	35,3	11,0	24,5	—	—	55	2	25
4	—	5,6	24,0	15,5	36,5	17,4	—	9	—	20
5	—	9,7	37,4	14,5	25,0	0,5	3	30	8	30
6	—	20,7	38,5	18,2	31,5	5,0	—	37	3	20
7	—	5,9	20,8	19,5	40,0	6,7	—	37	24	—
8	—	11,5	29,5	17,0	35,0	11,1	—	17	1	30
9	—	10,4	30,6	15,5	26,0	1,4	4	30	17	30
10	—	3,6	21,1	14,5	41,0	18,0	—	9	1	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb	Lufttemperatur ⁰ C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperaturerhöhung ⁰ C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
				Jahrgang 1887.						
11	—	8,4	20,0	17,0	41,5	3,8	—	35	1	45
12	—	8,8	28,5	13,5	25,5	1,6	—	45	6	—
13	—	19,3	34.5	12,5	39,0	6,0	—	10	—	45
14	—	8,5	24,4	13,0	30,0	15,9	—	8	—	19
15	—	7,7	22,0	18,5	36,0	13,4	—	3	—	14
16	—	10,1	26,8	19,5	30,5	8,0	—	17	—	42
17	—	1,1	12,2	20,0	35,0	9,8	—	5	—	42
18	—	12,5	24,2	19,5	45,0	24,5	—	2	—	12
19	—	21,1	32,6	19,5	40,0	2,2	—	55	4	—
20	—	6,1	26,0	18,8	25,0	1,1	5	—	12	30
21	—	0,5	25,6	15,5	26,5	0,6	5	—	12	—
				Jahrgang 1888.						
22	—	7,2	23,4	16,3	33,0	17,2	—	6	—	13
23	—	2,4	20,4	17,0	36,0	14,5	—	$2^1/_2$	—	50
24	—	11,8	23.0	19,0	37,0	24,0	—	$^3/_4$	—	5
25	—	2,4	23,2	18,5	36,5	8,5	—	6	4	—
26	—	4,6	15,5	15,0	47,0	22,0	—	11	2	—
				Jahrgang 1889.						
27	—	12,4	32,0	16,5	33,0	18,0	—	4	—	16
28	—	3,9	16,6	15,5	45,5	19,8	—	8	—	12
29	—	7,5	30.0	17,0	27,5	2,9	—	50	13	—
30	—	0,4	9,4	17,5	45,0	26,2	—	10	—	13
31	—	5,6	25,0	15,5	29,5	3,5	—	45	12	30
32	—	9,2	26,4	18,5	47,0	21,8	—	$5^1/_2$	—	6
33	—	3,0	21,0	20,0	43,5	17,4	—	4	—	15
34	—	4,3	22,9	19,5	33,5	14,8	—	5	—	5
35	—	2,0	18,6	19,8	41,5	11,7	—	6	4	30
36	—	2,0	27,0	20,0	33,0	14,8	—	1	—	$3^1/_2$
37	—	4,6	27,0	20,2	34,0	7.5	—	3	16	1
38	—	13,2	29,0	19,8	33,2	8,6	—	3	—	15
39	—	12,4	30,2	15,7	30,0	20,4	—	3	—	7
40	—	5,8	29,6	13,3	24,0	2,1	2	20	14	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900 | 4900		Lufttemperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
					Jahrgang 1890.					
41	—	3,2	21,0	14,3	31,5	24,3	—	4	—	14
42	—	2,8	12,1	13,0	46,0	38,1	—	5	—	15
43	—	6,2	29,2	13,5	33,5	5,6	—	45	5	30
44	—	8,5	25,6	14,3	30,0	20,8	—	3	—	9
45	—	12,2	28,4	14,0	33,0	23,8	—	4	—	7
46	—	9,1	25,6	16,5	31,5	19,8	—	4	—	15
47	—	5,8	25,2	16,2	30,0	20,4	—	$4^1/_2$	—	10
48	—	7,6	25,0	18,6	31,0	20,9	—	2	—	6
49	—	Spuren	14,8	15,5	40,0	22,0	—	4	—	16
50	—	2,2	19,2	14,4	32,0	16,6	—	$3^1/_2$	—	19
					Jahrgang 1891.					
51	—	3,0	21,8	13,6	26,5	0,4	8	—	30	—
52	—	2,3	22,0	13,2	38,5	24,1	—	1	—	4
53	18	15,0	30,0	14,3	42,0	12,7	—	2	6	—
54	—	10,5	26,8	11,7	31,0	21,9	—	6	—	16
55	—	8,5	26,0	12,4	41,0	5,9	—	16	4	30
56	—	11,5	27,0	14,8	30,5	18,5	—	3	—	11
57	—	2,4	33,0	18,4	35,0	2,4	—	6	6	—
58	19	8,2	23,4	17,7	50,0	7,5	—	45	4	5
59	—	10,8	27,5	17,7	34,0	16,8	—	3	—	17
60	—	9,0	24,4	17,6	37,0	18,1	—	2	—	30
61	—	6,1	25,7	15,3	42,0	0,9	—	9	c. 84	—
62	—	9,9	26,7	15,3	33,5	17,5	—	$2^1/_2$	—	12
63	—	7,8	20,7	15,0	33,5	21,2	—	$2^1/_2$	—	8
					Jahrgang 1892.					
64	63*)	6,0	26,3	14,8	32,5	1,4	$6^1/_2$	—	25	—
65	—	13,0	28,8	12,4	32,0	19,5	—	7	—	20
66	—	5,7	29,1	13,0	33,5	23,8	—	10	—	20
67	—	7,9	21,9	12,0	32,0	16,0	—	$1^1/_2$	—	15
68	—	9,0	26,2	14,0	30,0	21,4	—	2	—	9
69	—	11,3	24,4	17,2	31,5	18,3	—	3	—	10
70	—	11,1	26,1	18,3	32,0	16,1	—	$3^1/_2$	—	15

*) Vide No. 63 unter den Portlandcementen, Seite 150.

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 4900	Lufttemperatur ⁰ C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ⁰ C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
71	—	6,6	25,3	20,0	32,0	18,3	—	2	—	10
72	—	7,0	19,5	20,4	36,0	19,0	—	6 1/2	—	15
73	—	9,7	23,3	19,5	35,5	19,3	—	3 1/2	—	15
74	—	10,3	24,9	19,5	33,5	16,3	—	3 1/2	—	11
75	—	7,9	24,9	15,0	32,5	18,5	—	3 1/2	—	25
76	—	5,6	19,7	15,0	36,7	15,6	—	10	—	30
77	—	6,4	19,9	15,0	33,7	2,5	—	3 3/4	—	15
78	—	7,1	20,6	17,0	36,5	9,7	—	20	—	45
				Jahrgang 1893.						
79	—	11,0	30,7	15,4	33,0	0,5	—	9	6	—
80	31	11,5	28,9	14,6	40,0	17,8	—	2 1/2	—	20
81	32	19,2	40,5	14,6	41,0	11,4	—	5	—	20
82	—	3,0	22,0	16,0	38,0	7,4	—	13	1	—
83	—	3,7	19,4	17,0	35,0	22,1	—	3	—	7
84	—	5,1	24,2	20,0	34,0	18,6	—	2 1/2	—	9–10
85	—	4,2	17,1	18,5	38,0	19,3	—	3	—	12 1/2
86	—	1,3	14,0	21,0	44,5	24,3	—	5	—	12
87	—	3,1	12,5	20,0	41,0	12,1	—	10	—	25
88	—	4,5	19,6	15,0	35,0	0,1	—	2	—	8
89	33	3,2	13,0	15,5	34,0	17,9	—	5	—	13
90	—	5,0	34,5	17,5	35,0	17,6	—	1	—	9
91	—	23,9	34,8	14,0	42,2	7,7	—	18	2	—
				Schlackencement.						
				Jahrgang 1886.						
1	—	1,0	13,5	13,4	32,5	—	2	—	22	—
2	—	0,5	17,5	14,5	31,0	Spuren	2	—	14	—
3	—	3,6	30,6	17,5	27,5	0,4	2	30	17	—
4	—	0,6	10,5	20,0	32,5	2,0	1	7	10	—
5	1	0,9	13,1	18,0	32,5	2,0	1	7	10	—
6	—	0,2	10,0	15,0	31,0	1,0	1	15	8	—
				Jahrgang 1887.						
7	2	0,4	20,0	13,0	33,0	Spuren	2	—	10	—
8	—	0,6	11,0	13,5	34,0	Spuren	1	30	11	30
9	—	1,2	13,8	14,5	34,0	—	2	—	11	30

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 4900	Lufttemperatur °C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung °C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
			Jahrgang 1888.							
10	3	0,3	16,8	17,0	32,0	Spuren	—	40	7	15
11	—	0,3	13,0	17,0	34,0	1,4	1	—	10	—
12	—	0,5	19,7	19,0	31,5	0,6	—	45	17	—
13	—	0,8	22,0	20,0	31,0	0,7	1	15	17	—
14	—	0,6	19.0	18,0	32,0	—	1	—	15	—
15	—	0,4	26,5	19,0	33,0	0,7	1	—	18	—
16	—	0,3	18,0	17,5	34,0	0,7	1	25	16	30
17	—	0,7	22,2	17,5	31,0	0,9	3	—	15	—
18	—	0,2	19,1	17,5	32,0	0,8	1	—	15	—
19	—	0,2	19,4	17,0	32,0	0,6	1	20	16	—
			Jahrgang 1889.							
20	—	0,5	17,6	16,0	40,0	—	6	30	36	—
21	—	0,2	13,0	16,0	32,0	—	5	30	36	—
22	—	0,4	23,5	16,0	42,0	Spuren	—	30	10	—
23	—	0,4	25,2	15,5	34,5	2,0	—	23	25	—
24	—	0,3	25,1	15,5	36,5	—	—	15	23	30
25	—	—	11,0	16,5	27,0	—	1	—	13	—
26	—	—	18,5	20,5	33,0	2,4	5	5	40	—
27	—	—	2,6	23,0	35,5	—	3	50	15	30
28	—	—	7,0	15,1	40,0	0,3	6	—	28	—
29	—	Spuren	9,4	13,4	42,0	—	8	—	32	—
30	—	0,8	25,6	13,9	29,0	0,6	—	45	15	—
31	—	1,4	21,1	12,5	30,0	—	—	15	21	30
			Jahrgang 1890.							
32	—	1,2	15,8	12,0	30,0	—	2	20	20	—
33	—	1,0	14,2	12,0	30,0	—	2	15	16	—
34	—	1,2	30,0	13,5	25,0	1,2	1	20	21	—
35	—	0,8	18,8	13,0	33,0	1,0	1	15	14	30
36	—	1,0	15,5	15,2	34,5	0,7	1	45	13	—
37	—	0,6	14,0	16,2	25,0	0,9	—	4	30	—
38	—	0,6	10,1	18,0	39,0	2,0	6	5	20	—
39	—	2,0	26,6	12,6	30,5	—	1	30	14	30
40	—	1,0	12,8	10,4	39,5	7,7	—	3	25	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 4900	Luft-temperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
			Jahrgang 1891.							
41	6	0,0	26,3	10,0	42,5	—	—	43	96	—
42	—	1,0	19,0	10,5	40,0	—	—	10—15	13	30
43	—	0,8	13,6	13,4	32,5	—	1	8	24	—
44	—	1,1	15,9	13,4	33,0	—	1	45	22	—
45	—	0,4	12,6	12,0	30,5	—	2	35	12	—
46	—	Spuren	19,6	12,5	38,5	—	—	55	16	—
47	—	0,6	19,4	15,6	31,5	—	1	25	20	—
48	—	2,4	30,0	18,4	32,0	—	1	15	17	—
49	—	2,2	27,0	16,7	31,0	—	—	40	12	—
50	—	4,0	27,0	14,6	29,0	—	2	17	18	—
51	—	2,4	25,2	13,2	28,5	—	—	5	7	10
			Jahrgang 1892.							
52	—	0,2	17,2	12,5	30,5	—	1	30	16	—
53	—	—	22,9	14,4	42,5	—	—	40	7	—
54	—	—	8,2	12,0	44,0	—	1	20	5	—
55	—	1,0	13,6	12,0	31,0	—	1	30	30	—
56	—	0,8	20,1	18,7	31,0	—	—	35	15	—
57	—	0,1	6,6	20,7	37,0	6,4	—	20	30	—
58	—	0,1	13,4	19,5	30,0	—	—	50	11	—
59	—	Spuren	13,9	26,0	30,0	—	1	15	16	—
60	—	0,4	8,4	15,0	39,0	—	9	—	32	30
61	—	0,2	20,3	14,5	29,0	—	2	—	20	—
62	—	0,3	10,0	16,5	40,0	—	3	30	17	—
			Jahrgang 1893.							
63	—	Spuren	13,2	15,3	34,0	—	5	—	18	—
64	—	0,2	18,6	15,2	29,0	—	1	15	14	—
65	—	Spuren	7,0	20,0	33,5	—	2	—	7	30
66	—	Spuren	8,0	20,0	30,5	—	1	—	5	—
67	—	Spuren	6,4	19,0	32,5	—	2	—	20	—
68	—	0,8	17,0	15,6	30,5	—	5	—	20	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb	Lufttemperatur °C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung °C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
Portlandcemente.										
Jahrgang 1886.										
1	—	4,9	30,7	13,0	27,5	—	c. 6	—	14	30
2	—	0,9	12,4	14,0	26,5	10,0	—	10	—	20
3	33	8,7	30,3	14,8	25,0	0,9	3	30	8	—
4	—	3,4	22,0	14,9	25,5	3,3	4	45	15	—
5	—	7,0	39,1	14,5	25,7	0,5	c. 10	—	23	—
6	—	2,4	22,9	15,1	25,5	0,5	4	45	14	—
7	—	11,5	41,5	13,1	26,0	—	c. 7	—	21	30
8	—	0,8	26,7	14,7	25,5	0,5	c. 6	—	14	—
9	—	3,0	24,7	14,6	25,5	0,8	5	—	15	—
10	—	3,3	23,9	14,0	27,0	0,5	2	45	9	—
11	—	5,5	31,5	14,2	25,5	1,4	3	30	23	30
12	—	4,1	25,9	14,4	28,0	1,0	c. 7	—	23	30
13	—	4,7	35,6	17,7	26,0	1,2	4	15	12	—
14	—	6,5	35,6	16,0	26,0	1,6	1	30	8	30
15	—	16,0	37,0	23,0	25,0	—	3	30	9	30
16	—	6,1	26,3	20,4	28,5	6,4	—	4	1	45
17	—	5,4	27,6	19,2	28,5	4,3	—	30	5	—
18	35	1,0	18,3	14,0	32,5	0,7	2	—	30	—
19	36	0,2	5,8	12,0	33,5	Spuren	3	15	28	—
20	—	3,2	28,3	14,5	26,5	6,8	5	—	16	30
21	—	2,0	25,0	10,4	27,5	Spuren	c. 8	—	12	—
22	—	11,0	37,0	14,0	26,5	—	c. 8	45	27	—
Jahrgang 1887.										
23	—	6,6	39,0	14,0	25,0	Spuren	c. 8	—	22	—
24	—	3,4	19,4	14,5	29,0	2,7	c. 7	—	20	—
25	—	4,2	26,4	14,0	27,0	9,5	—	5	3	—
26	—	1,0	18,3	14,0	27,5	Spuren	8	30	18	—
27	—	3,5	26,5	15,0	27,0	—	2	75	9	—
28	—	1,5	19,5	14,5	28,0	—	—	12	1	—
29	—	4,0	27,0	16,0	27,0	—	—	9	1	—
30	—	6,9	35,5	14,3	24,5	12	—	7	2	30
31	—	4,6	27,8	20,5	25,5	Spuren	5	30	11	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	4900	Luft-temperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Minuten	Bindezeit Stunden	Minuten
32	—	8,1	35,0	21,5	26,0	2,8	—	25	3	—
33	—	0,4	20,9	21,0	28,5	0,9	6	—	19	—
34	—	0,25	16,6	18,5	25,0	5,4	—	14	2	30
35	—	1,6	20,7	15,5	26,0	0,5	4	15	18	—
36	—	1,2	21,4	17,5	28,5	1,6	6	30	20	—
37	—	0,9	26,7	17,0	27,0	1,3	5	30	15	—
38	—	3,2	22,3	17,5	27,0	0,7	8	30	17	30
39	—	4,0	26,0	17,0	29,0	—	5	30	12	30
40	—	0,5	20,5	13,5	25,0	Spuren	7	45	19	—
41	—	3,4	20,5	16,0	28,5	1,6	1	—	5	30
				Jahrgang 1888.						
42	—	5,1	27,4	16,5	26,0	—	10	—	25	—
43	—	0,5	34,0	16,5	31,0	3,3	9	45	27	—
44	—	6,8	26,0	13,0	27,5	Spuren	5	—	13	—
45	—	2,2	22,8	13,8	25,0	—	2	15	10	—
46	—	11,2	38,8	12,7	25,5	Spuren	6	—	23	—
47	—	7,0	30,7	17,0	25,5	Spuren	7	—	22	—
48	—	2,2	19,3	15,5	28,0	6,7	—	10	1	—
49	—	1,0	28,6	17,0	26,0	1,1	4	30	15	—
50	—	19,3	35,8	13,0	27,2	2,8	2	30	8	—
51	—	7,5	36,5	13,0	25,7	Spuren	7	—	24	—
52	—	3,3	31,7	18,0	25,0	2,2	4	30	11	—
53	—	1,3	26,4	18,0	28,0	3,6	6	15	16	—
54	—	2,9	34,2	18,0	25,0	1,2	8	45	15	—
55	—	1,3	20,9	18,0	34,5	5,6	—	15	11	—
56	—	4,0	30,3	18,0	23,0	2,6	2	30	7	15
57	—	1,4	27,4	17,2	27,5	7,6	—	11	6	—
58	—	0,8	27,4	21,5	29,0	0,7	5	—	19	30
59	—	9,2	34,0	20,0	26,0	0,6	5	30	13	—
60	—	4,3	28,2	17,0	29,0	3,6	6	—	12	—
61	—	5,6	28,5	20,0	30,5	4,4	—	15	8	—
62	—	0,6	27,0	20,0	32,0	0,2	3	40	17	30
63	—	0,9	29,7	19,0	29,5	0,7	4	—	17	30
64	—	1,7	26,8	18,0	25,0	2,0	7	—	17	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	4900	Luft-temperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Minuten	Bindezeit Stunden	Minuten
65	—	6,2	37,8	18,0	24,5	0,6	6	—	24	—
66	—	1,5	24,5	18,5	26,5	1,0	9	30	24	—
67	—	0,6	23,2	19,0	27,5	7,2	—	3	7	—
68	—	1,2	22,2	18,0	30,0	—	—	8	5	30
69	—	3,6	31,6	16,5	28,5	—	6	—	19	—
70	—	1,6	29,5	18,0	26,0	0,4	7	30	20	—
71	—	5,8	35,0	19,0	25,0	5,8	—	15	2	—
72	—	2,0	35,0	19,0	27,0	0,5	3	30	17	—
73	—	1,0	25,6	17,5	27,5	0,7	7	30	17	—
74	—	0,4	20,5	17,5	27,5	2,8	—	40	8	—
75	—	12,5	45,0	17,0	25,0	—	8	—	24	—
76	—	2,4	25,0	16,5	26,5	Spuren	6	30	24	—
77	—	3,1	21,8	15,0	29,0	—	21	—	40	—
78	—	11,0	41,5	15,0	23,0	—	8	30	20	—
				Jahrgang 1889.						
79	—	12,0	41,0	16,5	23,0	—	6	—	17	—
80	—	4,0	22,8	15,5	27,5	—	6	—	20	—
81	—	11,0	36,4	16,5	25,0	1,8	5	20	18	—
82	—	0,8	14,7	16,0	27,0	2,8	3	10	24	—
83	—	3,1	16,1	16,5	32,0	1,3	1	55	8	—
84	—	9,4	30,4	15,5	26,0	1,9	5	45	20	—
85	—	6,4	35,2	17,0	26,5	1,5	7	—	22	—
86	—	0,3	24,3	16,5	29,0	1,5	6	15	22	—
87	—	1,5	20,7	15,0	27,5	—	4	—	12	—
88	—	6,7	40,5	15,0	25,0	—	7	—	18	—
89	—	1,3	18,4	16,0	28,5	0,5	7	30	22	—
90	—	2,5	24,2	16,0	28,5	—	9	30	24	—
91	—	4,3	35,0	16,0	27,0	—	7	30	20	—
92	—	0,8	7,8	14,5	30,5	2,4	10	30	30	—
93	—	0,8	23,4	17,5	29,0	3,0	8	—	18	—
94	—	2,6	36,0	17,0	26,5	0,9	5	45	18	—
95	40	6,3	37,0	17,5	24,0	0,8	4	—	13	30
96	—	0,3	9,6	17,0	31,0	3,3	5	15	17	—
97	—	1,8	20,0	22,5	25,5	1,4	4	—	13	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	4900	Luft-temperatur ⁰ C.	Menge des Anmach-wassers in %	Temperatur-Erhöhung ⁰ C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Minuten	Bindezeit Stunden	Minuten
98	—	2,5	33,5	19,5	25,0	—	5	30	16	—
99	—	2,0	29,9	20,0	27,5	1,1	5	30	16	—
100	—	5,3	39,0	20,5	24,0	0,7	4	30	16	—
101	37	4,3	28,8	18,4	27,0	1,7	5	—	19	—
102	—	2,8	30,0	19,3	27,0	0,4	4	—	17	—
103	—	0,2	21,7	17,6	25,5	Spuren	5	—	14	—
104	—	0,8	27,5	18,6	27,0	0,9	5	—	22	—
105	—	5,0	34,4	18,6	25,0	0,4	4	30	22	—
106	—	7.4	37,0	18,6	25,0	Spuren	4	30	20	—
107	—	6,8	34,0	17,0	25,5	—	5	20	24	—
108	—	6,8	36,5	13,6	26,0	4,9	3	15	29	—
109	—	0,3	19,0	13,7	30,5	2,9	7	—	21	—
110	—	3,0	22,5	14,8	29,5	0,7	9	30	26	—
111	—	3,4	18,9	15,8	28,0	8,9	—	8	5	—
112	—	2,7	29,0	13,9	26,5	0,3	4	30	27	—
				Jahrgang 1890.						
113	—	4,0	21,9	13,0	31,0	7,1	3	—	12	—
114	—	5,2	25,8	13,5	27,0	4,3	1	45	8	—
115	—	3,5	26,5	13,6	26,0	3,0	2	25	24	—
116	—	2,5	22,3	13,6	26,0	6,8	5	30	18	—
117	—	2,5	16,0	13,3	28,0	—	6	7	18	—
118	—	2,3	16,5	13,3	29,0	6,0	1	10	3	25
119	—	0,7	21,0	14,4	25,0	2,4	7	20	20	—
120	—	2,3	31,2	15,4	24,0	2,2	3	25	17	—
121	42	4,4	22,6	15,3	24,5	2,7	3	40	14	30
122	—	9,4	37,4	16,5	23,5	—	3	10	20	—
123	—	5,5	25,5	15,5	25,0	Spuren	5	15	15	—
124	—	0,2	13,2	16,5	29,0	4,5	—	30	22	—
125	—	0,0	8,3	17,0	29,0	2,6	6	—	25	—
126	—	7,2	32,0	17,0	25,0	2,5	2	50	15	—
127	—	13,4	28,0	16,0	28,0	4,4	5	30	16	30
128	—	9,8	41,4	17,5	24,0	3,0	4	55	24	—
129	—	0,3	4,9	17,5	29,0	6,1	—	17	2	42
130	—	1,3	19,0	19,0	26,5	1,8	4	45	9	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb	Lufttemperatur ⁰C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ⁰C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
131	—	7,6	38,8	20,0	25,0	2,2	4	30	12	—
132	—	5,6	23,0	15,0	26,5	2,7	8	—	25	—
133	—	5,4	30,4	15,2	23,5	4,4	—	30	8	—
134	—	2,6	23,4	14,5	27,5	6,0	—	9	8	35
135	—	1,0	24,7	16,7	27,5	2,9	2	—	17	—
136	—	Spuren	21,0	14,0	26,0	2,5	4	35	13	—
137	—	5,8	29,8	14,3	28,5	—	4	45	15	—
138	—	0,7	15,6	13,4	25,5	1,4	8	25	22	—
139	—	18,0	48,6	13,5	27,5	2,9	—	45	5	15
140	—	10,0	38,8	12,8	22,5	3,3	—	41	6	50
141	—	Spuren	17,6	14,3	27,5	5,5	3	25	16	—
142	—	4,5	18,2	12,6	26,0	8,5	5	—	19	—
143	—	7,7	31,0	12,6	23,5	2,2	5	25	18	—
144	—	8,8	29,4	13,2	25,5	0,8	1	45	15	—
145	—	0,8	20,6	12,6	27,0	2,4	4	45	10	—
146	—	2,6	20,6	12,6	28,5	9,1	—	52	2	42
147	—	9,4	32,5	12,4	23,5	0,0	6	30	17	—
148	—	3,7	32,0	13,3	24,0	1,1	4	45	24	—
149	—	6,1	25,3	10,5	24,5	1,3	4	—	20	—
				Jahrgang 1891.						
150	—	0,4	28,7	12,5	26,0	0,4	8	20	19	—
151	—	1,9	16,5	12,5	34,0	13,1	—	44	1	19
152	—	4,6	36,5	12,5	24,5	8,0	—	17	5	50
153	—	6,0	33,6	13,4	26,0	4,3	3	—	10	—
154	—	0,8	27,4	11,1	28,0	0,8	11	—	24	—
155	—	1,9	12,8	12,4	28,5	3,0	8	15	20	—
156	—	18,1	51,2	13,0	20,0	0,9	12	—	25	—
157	—	8,8	27,0	12,8	26,0	Spur	9	30	25	—
158	—	2,0	16,2	12,5	26,0	4,7	3	45	15	—
159	—	6,6	28,6	12,0	24,5	2,8	1	20	7	—
160	57	7,0	35,4	12,6	23,0	1,8	9	30	21	—
161	—	2,6	27,0	14,8	26,0	1,7	5	—	17	30
162	—	2,9	26,0	15,0	26,5	2,2	5	—	17	30
163	—	8,6	29,4	13,3	21,0	2,0	9	—	24	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	4900	Luft-temperatur ⁰C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ⁰C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Minuten	Bindezeit Stunden	Minuten
164	—	2,6	24,4	13,0	24,5	0,7	8	—	20	—
165	—	Spur	8,8	13,7	29,0	0,0	6	—	26	—
166	—	5,4	24,8	14,3	27,0	4,1	—	23	5	—
167	—	0,7	7,6	14,3	30,0	5,1	—	15	5	—
168	—	0,5	21,5	15,5	27,0	6,3	—	35	8	30
169	—	5,0	27,5	16,2	25,5	4,3	—	32	4	47
170	—	1,4	28,0	15,4	27,0	9,2	—	3	1	5
171	—	1,0	30,6	15,5	27,5	2,5	7	—	20	—
172	—	1,9	28,8	16,3	27,0	6,8	—	8	6	30
173	—	5,2	29,5	15,9	26,5	2,6	9	—	24	—
174	—	1,0	14,0	17,2	28,0	3,7	5	30	18	—
175	—	4,6	28,0	18,4	29,0	0,0	5	—	30	—
176	—	2,8	19,2	17,0	29,0	2,5	5	30	25	—
177	—	1,8	37,2	17,0	25,0	9,2	—	5	2	25
178	—	4,2	24,4	17,0	26,5	0,6	8	35	23	—
179	59	1,6	24,5	18,8	27,0	0,0	3	—	18	—
180	—	10,0	31,0	17,5	25,0	4,8	4	25	18	—
181	—	8,0	31,4	17,5	27,5	2,9	4	10	18	—
182	—	3,3	31,5	16,3	26,0	2,7	4	—	20	—
183	—	3,6	40,0	17,2	25,5	2,1	5	—	19	—
184	—	1,0	12,5	18,4	30,0	0,5	3	20	12	—
185	—	2,8	18,0	16,6	27,7	—	4	30	17	—
186	—	6,2	30,5	17,6	26,0	1,8	2	10	24	—
187	—	5,0	31,0	17,0	28,0	2,9	—	18	15	—
188	—	2,4	31,0	17,0	25,0	4,5	1	40	7	30
189	—	3,0	24,3	17,0	24,5	6,8	5	—	18	—
190	—	8,7	37,3	16,7	23,5	5,2	—	15	5	35
191	—	6,2	34,6	17,0	27,0	1,9	5	50	20	—
192	—	2,8	25,8	16,7	28,0	1,6	5	40	20	—
193	—	1,6	22,2	15,3	28,0	1,1	7	—	22	—
194	—	0,0	28,8	13,3	31,5	1,0	6	30	20	—
195	—	1,1	19,9	13,3	28,5	0,2	5	15	22	—
196	—	Spur	8,6	14,0	27,5	4,6	1	30	18	—
197	—	1,8	15,4	14,0	30,5	1,0	9	—	26	—
198	—	8,8	27,8	14,0	33,0	5,2	1	—	19	—
199	—	3,6	21,7	14,0	32,5	0,5	12	30	32	30

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 4900	Luft-temperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
200	—	4,2	26,0	14,0	30,5	0,7	13	30	35	—
201	—	4,2	21,1	14,6	29,0	0,2	9	10	22	—
202	—	4,4	27,0	14,6	26,0	0,8	1	38	16	—
203	—	2,8	27,5	14,6	29,0	1,4	8	20	25	—
204	—	2,4	17,8	14,8	27,0	1,7	7	20	20	—
205	—	1,8	24,8	14,8	27,0	1,7	5	45	16	—
206	—	0,5	12,0	13,0	33,0	3,8	—	20	12	—
207	—	0,6	18,4	14,8	30,0	1,2	12	—	26	—
208	—	3,2	26,0	14,8	27,0	3,1	1	20	8	—
209	—	0,0	20,0	14,8	28,0	8,2	1	38	12	—
210	—	3,8	21,2	14,0	30,0	0,3	10	—	30	—
211	—	1,9	19,8	14,0	24,0	0,7	3	15	14	—
212	—	2,0	17,7	13,2	28,5	0,7	3	28	12	—
213	—	1,7	31,7	13,7	26,5	0,3	4	30	28	—
214	—	0,5	34,8	11,5	27,7	0,0	4	—	18	30
215	—	2,3	18,1	15,2	28,5	0,7	2	—	17	—
216	—	3,2	25,2	16,2	27,0	1,6	—	15	10	—
217	—	5,7	24,6	12,5	32,5	0,0	8	—	26	—
218	—	2,3	24,5	13,5	27,0	0,6	10	—	25	—
219	—	Spur	11,0	14,0	28,5	9,9	—	25	6	—
				Jahrgang 1892.						
220	—	1,3	17,5	15,5	27,75	1,7	6	30	20	—
221	60	1,6	28,3	14,0	25,5	0,8	8	30	22	30
222	61	1,9	24,2	14,0	27,0	2,8	9	—	22	—
223	—	9,1	26,5	14,3	25,5	0,7	1	—	12	—
224	—	0,3	14,3	15,5	27,5	2,2	1	30	7	30
225	—	4,3	24,7	12,5	28,0	1,0	9	—	24	—
226	—	2,4	25,7	12,8	26,0	1,2	10	—	30	—
227	—	0,1	16,4	12,6	29,0	5,7	—	5	5	—
228	—	0,1	17,3	11,0	26,0	9,0	8	—	22	—
229	—	0,2	19,3	12,5	28,0	0,9	6	—	22	—
230	—	0,3	22,9	13,5	28,7	3,4	—	3	8	—
231	—	2,0	25,6	12,5	28,5	0,3	8	—	29	—
232	—	1,2	22,6	12,0	25,0	0,7	9	30	24	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 4900	Lufttemperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
233	—	2,5	30,3	12,0	25,0	5,2	1	30	18	—
234	64	Spuren	26,7	14,2	26,0	1,0	8	—	18	—
235	—	7,2	30,0	14,2	24,5	1,5	2	—	16	—
236	—	0,6	16,0	14,0	27,0	2,8	5	30	22	—
237	—	0,2	27,3	14,0	26,0	3,3	2	45	20	—
238	—	Spuren	14,2	14,0	27,0	8,1	—	6	5	—
239	—	0,4	15,3	14,0	26,5	2,6	6	—	22	—
240	—	0,5	30,1	14,0	28,0	0,1	9	—	30	—
241	—	14,6	40,7	13,0	21,5	9,2	—	15	—	45
242	—	0,2	12,3	12,0	26,75	3,3	1	30	9	—
243	—	1,6	28,3	12,0	31,0	0,0	15	30	40	—
244	—	2,6	32,6	14,0	26,5	0,0	10	—	27	—
245	—	Spuren	14,5	14,5	27,0	1,2	6	—	24	—
246	—	Spuren	16,1	15,4	27,5	2,9	1	—	16	—
247	—	0,5	14,2	18,7	27,0	2,0	2	—	15	—
248	—	Spuren	15,5	19,4	30,0	3,7	1	30	10	—
249	—	0,2	12,2	17,0	28,0	1,3	1	30	12	—
250	—	Spuren	16,7	17,3	26,5	2,2	6	—	16	—
251	—	2,1	26,9	16,3	26,5	1,5	2	45	13	—
252	—	1,0	19,7	16,3	30,0	0,8	5	—	17	—
253	—	9,8	32,7	17,4	22,5	5,7	—	6	2	30
254	—	Spuren	10,9	17,5	27,5	1,9	—	45	27	—
255	—	0,4	30,5	17,4	28,0	0,5	6	—	22	—
256	—	1,5	31,2	18,7	27,5	0,2	5	45	17	—
257	—	0,2	14,0	19,5	29,0	6,9	—	8	8	—
258	—	0,2	16,7	20,0	25,0	1,5	6	—	12	—
259	—	0,5	2,0	19,5	26,5	0,1	5	—	15	—
260	—	3,6	19,4	20,0	27,0	0,5	4	—	15	—
261	—	0,7	30,0	21,0	27,5	8,2	—	5	4	—
262	—	—	1,8	21,0	36,0	0,0	4	30	24	—
263	—	1,8	22,1	20,7	29,5	2,9	8	30	16	—
264	—	5,2	32,0	18,5	23,0	1,8	—	45	18	—
265	—	Spuren	11,0	16.2	25,7	1,7	4	—	15	—
266	65	3,4	26,6	18,0	26,5	0,0	6	—	24	—
267	—	3,3	24,0	19,5	27,5	4,2	1	30	8	—
268	—	0,1	16,5	22,0	27,0	0,0	3	—	12	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	4900	Luft-temperatur ⁰ C.	Menge des Anmach-wassers in %	Temperatur-Erhöhung ⁰ C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Minuten	Bindezeit Stunden	Minuten
269	—	1,2	17,9	23,0	27,5	0,7	4	—	18	—
270	—	3,1	18,5	20,8	27,0	0,1	5	—	16	—
271	—	10,7	34,9	16,5	26,0	1,9	6	—	20	—
272	—	0,7	26,9	16,5	25,5	0,7	2	—	15	—
273	—	2,6	25,8	15,6	25,5	8,5	—	7	1	15
274	67	1,1	28,7	18,6	28,0	0,0	5	—	24	—
275	—	1,2	26,9	16,0	25,0	8,2	—	7	4	30
276	—	3,5	28,4	18,5	12,7	0,0	—	45	22	—
277	—	2,2	27,7	15,0	25,5	0,9	6	—	22	—
278	—	4,4	20,1	14,0	26,0	0,9	8	—	24	—
279	—	3,2	28,0	13,0	27,5	1,3	3	—	24	—
280	—	0,5	29,5	13,0	26,2	0,5	8	30	22	—
281	71	0,1	16,7	13,2	26,0	2,5	5	—	9	—
282	—	2,7	25,6	14,2	29,5	3,6	—	16	10	—
283	—	0,9	24,9	15,5	26,5	1,5	8	—	20	—
284	—	3,5	18,4	16,8	26,5	2,2	1	15	10	—
285	68	0,6	16,1	14,5	26,0	0,4	6	30	19	—
286	—	6,0	30,0	15,0	28,5	0,8	3	30	22	—
287	—	4,7	26,8	16,7	27,5	2,8	—	40	4	30
288	—	0,8	16,8	16,5	29,5	1,4	5	—	19	—
289	—	0,7	27,4	16,0	26,5	1,4	5	—	15	—
290	—	0,5	21,0	16,0	25,5	1,1	7	—	16	30
291	—	0,2	16,0	15,2	27,0	1,8	8	30	24	—
292	—	5,0	31,0	14,1	25,5	2,8	7	—	18	—
293	—	1,1	19,0	14,6	28,0	2,5	8	—	18	—
294	—	0,2	10,9	14,3	28,0	2,5	2	15	9	30
295	66	0,9	24,8	15,6	29,0	1,3	8	30	22	—
296	—	0,3	13,1	13,7	23,2	1,1	4	—	12	—
297	—	0,2	21,0	13,5	25,2	1,7	7	30	23	—
298	—	1,7	32,0	13,7	27,0	0,9	6	45	20	30
				Jahrgang 1893.						
299	—	0,8	30,2	14,8	25,0	1,4	6	—	16	—
300	—	0,2	13,7	16,4	26,0	2,9	1	—	6	—
301	—	0,3	16,6	14,7	26,5	0,6	6	30	22	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	4900	Lufttemperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
302	—	1,8	20,7	16,0	26,0	1,4	6	30	16	—
303	—	2,3	37,4	13,0	24,0	0,0	7	—	24	—
304	73	Spur.	21,1	13,5	27,0	8,7	6	15	14	30
305	75	Spur.	19,4	14,0	28,0	2,3	7	45	24	—
306	—	0,2	13,7	15,5	27,0	1,9	7	30	16	—
307	76	5,6	26,5	16,6	26,0	0,4	4	30	18	—
308	—	3,4	21,8	16,0	26,0	2,2	3	—	12	—
309	77	0,1	12,4	14,7	28,5	7,3	6	—	11	—
310	—	0,6	21,1	15,0	18,5	5,7	1	45	9	—
311	—	0,2	9,7	14,5	29,0	0,4	7	30	28	—
312	—	0,2	20,4	16,2	29,0	4,0	2	—	14	—
313	—	3,3	32,2	17,0	24,0	0,4	8	—	26	—
314	—	0,4	22,7	16,0	27,5	7,6	—	1	6	—
315	—	0,1	15,5	16,5	27,0	1,9	2	30	14	—
316	79	2,1	21,1	16,7	27,0	3,3	6	—	15	—
317	—	1,2	9,0	16,5	27,5	9,4	—	5	—	30
318	—	7,5	34,0	20,0	23,2	0,7	4	—	18	—
319	—	13,0	32,0	18,0	26,5	1,0	2	30	12	—
320	—	7,4	34,3	19,4	25,0	1,3	4	—	16	—
321	—	10,3	31,1	21,0	28,0	7,6	—	23	1	—
322	—	1,1	26,0	21,0	29,5	5,8	1	15	8	—
323	—	0,7	16,0	21,0	27,0	3,9	—	40	4	—
324	—	1,0	14,8	18,8	29,0	9,6	—	7	1	30
325	—	9,2	37,7	21,0	26,0	2,2	4	—	12	—
326	—	2,7	31,1	19,4	24,0	0,6	3	45	10	—
327	—	3,7	28,5	18,7	25,7	1,1	3	—	10	—
328	—	1,4	19,9	18,1	24,5	0,6	6	—	16	—
329	—	Spur.	12,2	19,8	28,0	3,0	4	—	8	—
330	—	0,8	21,4	19,5	25,0	3,5	—	22	4	—
331	—	0,5	21,4	20,0	28,0	2,6	5	—	15	—
332	—	2,7	13,7	20,5	27,5	4,6	—	16	—	45
333	—	1,1	18,3	18,5	25,5	1,7	4	30	12	—
334	—	1,0	13,4	16,3	27,5	1,7	2	—	18	—
335	—	2,8	21,2	17,1	27,0	0,6	5	—	18	—
336	—	0,2	9,4	15,2	27,0	2,1	1	—	12	—
337	—	Spur.	26,0	15,2	26,2	0,4	6	30	15	—

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 900	Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb 4900	Luft-temperatur ° C.	Menge des Anmachwassers in %	Temperatur-Erhöhung ° C.	Erhärtungsbeginn Stunden	Erhärtungsbeginn Minuten	Bindezeit Stunden	Bindezeit Minuten
338	—	2,7	25,0	15,5	24,0	2,5	5	—	12	—
339	—	0,9	21,9	15,5	25,0	0,1	6	—	20	—
340	—	4,0	20,1	15,5	23,7	1,5	5	30	12	—
341	—	0,1	21,0	15,0	24,0	3,8	5	30	12	—
342	—	Spur.	5,1	16,5	33,5	0,3	4	30	18	—
343	82	0,1	9,6	17,5	28,0	3,1	5	30	12	—

6. Resultate der Untersuchung der Mahlungsfeinheit und der Bindekraft hydraul. Bindemittel.

Die nachstehenden Zusammenstellungen enthalten unter:

lit. **a.** *Resultate der Untersuchungen der Qualitäts- und Festigkeitsproben von Importwaren aus den Jahren 1882—84;* sie schliessen an die Veröffentlichungen an, welche anlässlich der schweiz. Landesausstellung erfolgt sind; vergl. «Die Baumaterialien an der schweiz. Landesausstellung 1883»; Verlag von Cäsar Schmidt, Zürich.

lit. **b.** *Resultate der Prüfung der Einläufe aus den Jahren 1886 bis einschliesslich 1893,* während welcher Zeitperiode die Erzeugung der Probekörper unter zu Grundelegung einer Arbeitsleistung von 0,3 *mkg* pro 1,0 *gr* trockener Mörtelsubstanz *maschinell* erfolgte. Bezüglich der Methode der Bestimmung der erforderlichen Menge Anmachwasser, vergl. Seite 120 des vorliegenden Heftes. Die Wahl der Grösse der angewendeten Rammarbeit (0,30 *mkg* pro 1,0 *gr* trockener Mörtelsubstanz) stützt sich auf die Ergebnisse einer grösseren Versuchsreihe, welche im Jahre 1886 im eidg. Festigkeitsinstitute abgewickelt wurde und die die Grundlage der Abänderungsvorschläge der Schweiz. Normen für die einheitliche Prüfung hydraul. Bindemittel vom Jahre 1883 bildete; vergl. den bezüglichen Bericht an die Generalversammlung des schweiz. Ingenieur- und Architekten-Vereins zu Solothurn 1887 (Druck von Zürcher & Furrer). Später sind unsere Bestimmungen auch in verschiedenen andern Staaten in Anwendung gekommen (Holland, Belgien, Italien etc.) und in Österreich in die neuen Portlandcement-Normen aufgenommen worden.

Zur Motivierung der Ansätze für Rammarbeit sei gestattet an dieser Stelle folgende Erörterungen einfliessen zu lassen.

Nach den deutschen Normen wird bei der maschinellen Formung eine *Zugprobe* 180 *gr*, einer *Druckprobe* 860 *gr* trockene Mörtelsubstanz mittels 150 Schlägen eines Hammers von 2 *kg* Gewicht aus ca. 0,25 *m* Höhe komprimiert (Dr. Böhmes Verfahren). Es wird somit der Mörtel einer Zugprobe mit angenähert der 4,8-fachen mechanischen Arbeit gedichtet, als derjenige der Druckprobe. Wie hierbei physikalisch gleichwertige Zustände der Probekörper resultieren und vergleichbare Zahlen gewonnen werden sollen, ist nicht einzusehen.

Vergleichende Versuche des Herrn Prof. *J. Bauschinger* und des Vorstehers der städtischen Materialprüfungsanstalt, des Herrn Ingenieur *Greil* in Wien haben dargethan, dass auf diesem Wege sehr verschiedene spezif. Gewichte gewonnen werden. Folgende Zusammenstellung bestätigt das Gesagte.

Lauf. No.	Gattung des hydraul. Bindemittels	Spezif. Gewichte der Probekörper; erzeugt mit *Böhme's* Hammer		Lauf. No.	Gattung des hydraul. Bindemittels	Spezif. Gewichte der Probekörper; erzeugt mit *Böhme's* Hammer	
		Zug	Druck			Zug	Druck
	Bauschinger's-Resultate.				**Greil's-Resultate.**		
1	Portlandcement	2,29	2,18	1	Portlandcement	2,19	2,02
2	„	2,33	2,22	1*	„	2,35	2,21
3	„	2,29	2,18	2	„	2,13	1,98
4	„	2,29	2,17	2*	„	2,30	2,20
5	„	2,32	2,20	3	„	2,07	1,99
6	„	2,28	2,16	3*	„	2,31	2,19
7	Romancement	2,25	2,09	4	„	2,11	1,97
8	„	2,28	2,14	4*	„	2,27	2,18

Bauschinger's Angaben beziehen sich auf Berliner-Normalsand und 10 % Anmachwasser für die Portlandcemente, 15 bezw. 14,6 % für die Romancemente.

Ingenieur *Greil* hat mit Wiener- und Berliner- (*) Sand und 9,5 % Anmachwasser gearbeitet. Dabei betrug die Rammarbeit

bei *Bauschinger:*

bei den Zugproben: $\frac{150 \times 2{,}0 \times 0{,}25}{200} = 0{,}375\ mkg$

bei Ingenieur *Greil:*

$= \frac{150 \times 2{,}0 \times 0{,}25}{240} = 0{,}313\ mkg$ pro 1,0 *gr* Mörtelsubstanz

bei *Bauschinger:*

bei den Druckproben: $\frac{150 \times 2{,}0 \times 0{,}25}{800} = 0{,}094\ mkg$

bei Ingenieur *Greil:*

$= \frac{150 \times 2{,}0 \times 0{,}25}{800} = 0{,}094\ mkg$ pro 1,0 *gr* Mörtelsubstanz.

Durch Versuche wurde festgestellt, dass unter zu Grundelegung von 0,30 *mkg* Arbeit durch viele kurze Schläge ein befriedigender Anschluss der maschinellen Erzeugung der Probekörper an die früher geübte Handarbeit gewonnen wird u. z. dies sowohl in Hinsicht auf die erforderliche Wassermenge, Übereinstimmung der spezif. Gewichte des Normenmörtels der Zug- und Druckproben, als auch in Hinsicht auf die Festigkeitszahlen, welche somit mit den vom Boden der Handarbeit abgeleiteten Zahlenwerten unseres Laboratoriums vergleichbar bleiben.

Auf diese Weise wurde das auf Seite 121 beschriebene Verfahren der maschinellen Erzeugung der Probekörper ausgebildet. Die folgende Zusammenstellung, vergl. unter lit. *b* dieser Nummer, die «*Resultate der Prüfung der Einläufe aus den Jahren 1886 bis einschliesslich 1893*» bestätigen die Übereinstimmung mit den bisher auf Grund der Handarbeit erhobenen Festigkeitszahlen des Normenmörtels; eine Änderung der Normenansätze war unnötig. Dass auch hinsichtlich der verwendeten Wassermengen und der Gewichtsverhältnisse der Zug- und Druckproben eine befriedigende Übereinstimmung erzielt wurde, geht aus folgender Zusammenstellung hervor, deren Nummern, mit denjenigen der tabellarischen Zusammenstellung der *Resultate der Prüfung der Einläufe,* vergl. lit. *b*, korrespondieren.

Lauf. No.	Gattung des hydraul. Bindemittels	Wasser-menge in %	Volumen-Gewichte der Probekörper				Wasser-menge in %	Volumen-Gewichte der Probekörper			
			n. 7 Tagen		n. 28 Tagen			n. 7 Tagen		n. 28 Tagen	
			Zug	Druck	Zug	Druck		Zug	Druck	Zug	Druck
157–58	Hydraulische Kalke	13,00	2,25	2,23	2,25	2,25	13,00	2,21	2,20	2,20	2,20
159–60	„	12,50	2,22	2,20	2,23	2,20	13,25	2,21	2,21	2,24	2,23
161–62	„	12,00	2,22	2,23	2,26	2,22	13,00	2,25	2,28	2,30	2,27
163–64	„	12,75	2,23	2,23	2,25	2,23	13,25	2,24	2,24	2,24	2,25
165–66	„	12,00	2,26	2,25	2,29	2,27	12,50	2,31	2,28	2,31	2,26
167–68	„	13,00	2,25	2,25	2,27	2,26	14,50	2,27	2,21	2,28	2,24
169–70	„	13,00	2,28	2,25	2,28	2,29	11,75	2,30	2,26	2,29	2,28
171–72	„	13,00	2,29	2,27	2,29	2,28	11,75	2,22	2,18	2,23	2,21
173–74	„	12,25	2,28	2,26	2,30	2,29	13,25	2,25	2,26	2,25	2,25
175–76	„	13,50	2,21	2,16	2,22	2,19	12,00	2,27	2,26	2,28	2,24
73–74	Romancemente	12,00	2,32	2,34	2,31	2,34	12,00	2,32	2,33	2,30	2,32
75–76	„	11,50	2,29	2,33	2,31	2,33	11,00	2,33	2,31	2,32	2,33
77–79	„	11,50	2,32	2,31	2,31	2,33	11,00	2,30	2,30	2,32	2,30
80–81	„	11,75	2,28	2,29	2,29	2,29	12,25	2,25	2,27	2,25	2,29
82–83	„	13,25	2,28	2,26	2,28	2,26	14,50	2,22	2,17	2,24	2,18
84–85	„	13,00	2,30	2,29	2,30	2,29	12,00	2,34	2,36	2,35	2,36
86–87	„	11,25	2,33	2,29	2,34	2,30	12,00	2,32	2,30	2,32	2,32
—	„	12,25	2,34	2,34	2,35	2,35	11,50	2,34	2,32	2,34	2,33
—	„	12,00	2,35	2,36	2,34	2,37	11,25	2,37	2,35	2,37	2,37
—	„	11,25	2,33	2,33	2,34	2,35	13,00	2,29	2,25	2,30	2,28
49–50	Schlackencemente	10,25	2,32	2,32	2,33	2,32	10,75	2,30	2,30	2,32	2,30
51–52	„	9,75	2,32	2,29	2,32	2,30	10,00	2,26	2,30	2,33	2,30
53–54	„	11,00	2,31	2,32	2,33	2,32	11,50	2,30	2,31	2,31	2,30
55–56	„	10,25	2,29	2,30	2,31	2,32	10,00	2,30	2,31	2,31	2,31
57–58	„	12,00	2,32	2,32	2,33	2,33	10,50	2,31	2,31	2,32	2,32
59–60	„	10,75	2,29	2,32	2,30	2,31	10,25	2,28	2,30	2,30	2,30
61–62	„	10,25	2,33	2,31	2,33	2,30	11,00	2,22	2,23	2,20	2,21
63–64	„	11,50	2,30	2,29	2,29	2,30	10,50	2,31	2,30	2,33	2,31
65–66	„	10,75	2,36	2,33	3,36	2,33	10,00	2,35	2,31	2,35	2,33
67–68	„	10,50	2,35	2,32	2,34	2,34	11,00	2,33	2,30	2,33	2,32

Lauf. No.	Gattung des hydraul. Bindemittels	Wasser-menge in %	Volumen-Gewichte der Probekörper				Wasser-menge in %	Volumen-Gewichte der Probekörper			
			n. 7 Tagen		n. 28 Tagen			n. 7 Tagen		n. 28 Tagen	
			Zug	Druck	Zug	Druck		Zug	Druck	Zug	Druck
324–25	Portlandcemente	9,75	2,31	2,33	2,35	2,32	10,50	2,28	2,26	2,29	2,28
326–27	„	9,75	2,30	2,31	2,32	2,31	10,50	2,30	2,28	2,33	2,29
328–29	„	10,00	2,33	2,32	2,35	2,33	10,25	2,32	2,32	2,33	2,33
330–31	„	10,00	2,32	2,34	2,33	2,33	10,00	2,34	2,33	2,36	2,32
332–33	„	10,00	2,36	2,34	2,39	2,34	9,75	2,36	2,35	2,36	2,34
334–35	„	10,50	2,33	2,28	2,35	2,31	10,00	2,32	2,30	2,33	2,33
336–37	„	10,00	2,34	2,33	2,35	2,35	10,00	2,33	2,31	2,34	2,34
338–39	„	10,50	2,35	2,36	2,36	2,36	9,50	2,33	2,35	2,33	2,34
340–41	„	9,50	2,34	2,33	2,35	2,33	9,75	2,31	2,32	2,34	2,35
342–43	„	10,50	2,32	2,31	2,34	2,29	9,75	2,33	2,33	2,34	2,34

Zu vorstehenden Zusammenstellungen sei bemerkt, dass die Volumen-Gewichte des Normenmörtels als Quotienten aus den Gewichten der Probekörper durch deren Volumina bestimmt sind. Als Volumina der Probekörper wurden die Inhalte der Modelle angenommen, in welche der Mörtel eingestampft worden war.

a. Resultate

der Untersuchung von Importwaren

aus den Jahren 1882—84.

Handarbeit.

a. Resultate der Untersuchung von

(Hand-

Lauf. No.	Herkunft und Bezeichnung der Ware	No. der chemischen Analyse auf Ste. 140 u. f.	$\frac{CaO}{SiO_2+R_2O_3}$	Spezif. Gewicht γ	Volumengewichte lose δ_1 kg p. lit.	Volumengewichte eingerüttelt δ_2 kg p. lit.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb %	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb %	Ab Temperatu C°
	Hydraulische Kalke.								
1	Lafarge du Teil	18	2,70	2,71	0,77	1,16	2,4	—	15,0
2	Delastre; Virieux	—	—	2,86	0,92	1,40	9,9	—	14,0
3	Jurron-Delastre; Virieux	15	1,65	2,81	0,96	1,45	14,6	—	14,5
4	Pochet-fils; Virieux	20	1,52	2,82	0,90	1,34	11,3	—	15,0
5	Usine de Tacon	21	1,60	2,79	0,88	1,35	11,7	—	15,0
6	Trolliet-Pochet; Chazey-Bons	13	1,82	2,95	0,96	1,46	12,3	—	14,0
7	do. do.	—	—	2,87	0,98	1,48	17,6	—	16,5
	Romancemente.								
8	Millot & Co.; Vassy	—	—	2,95	0,90	1,38	12,4	30,3	14,0
9	„ „	10	0,85	2,85	0,89	1,39	21,5	41,6	15,0
10	Delune & Co.; Grenoble	11	1,50	2,96	0,98	1,49	22,2	37,9	14,0
11*	„ „	12	1,50	3,11	1,37	1,87	27,5	45,8	14,0
12*	Lafarge du Teil	13	2,05	2,88	1,05	1,58	0,6	18,5	15,0
13*	Jurron-Delastre; Virieux	—	—	2,94	1,22	1,77	1,6	16,7	14,0
14	Trolliet-Pochet; Chazey-Bons	—	—	2,98	1,00	1,50	0,9	16,5	14,5
	Portlandcemente.								
15	Schifferdecker; Heidelberg.	17	1,69	3,06	1,22	1,88	4,1	25,6	14,0
16	Portl.-C.-Fabr.; Mannheim	16	1,97	3,20	1,34	2,00	2,6	32,8	16,0
17	Stuttg.-P.-C.-Fabr.; Blaubeuren	12	2,10	3,11	1,28	1,89	4,1	34,5	16,0
18	Portl.-C.-Fabr.; Kufstein	15	1,88	3,07	1,18	1,72	11,5	40,7	16,0
19	Porteret, Geringat; Tenay	22	1,60	3,07	1,16	1,65	14,0	40,6	18,0
20	Trolliet-Pochet; Chazey-Bons	11	1,90	3,03	1,12	1,73	4,9	—	14,0

*) Portlandartig.

Importwaaren aus den Jahren 1882—84.

arbeit)

Binde-Verhältnisse				Festigkeit des Normenmörtels (1 : 3 Wasserlagerung)							
				Zug nach:				Druck nach:			
Wasser-menge in %	Temperatur-Erhöhung C°	Erhärtungs-Beginn St. Min.	Bindezeit St. Min.	7 Tag. kg p. cm²	28 Tag. kg p. cm²	84 Tag. kg p. cm²	210 Tag. kg p. cm²	7 Tag. kg p. cm²	28 Tag. kg p. cm²	84 Tag. kg p. cm²	210 Tag. kg p. cm²
Hydraulische Kalke.											
32	0,3	– –	32 –	5,0	8,2	16,6	—	49,4	64,2	115,0	218,6
33	0,9	– –	8 45	7,4	13,4	21,2	28,7	40,7	60,9	101,2	171,3
32	0,3	– –	19 –	7,0	14,0	20,0	26,1	57,7	84,4	118,7	179,6
35	0,3	– –	7 45	7,5	12,5	20,2	27,9	41,5	56,7	100,3	189,6
38	Sp.	– –	22 –	6,5	11,7	20,5	24,7	37,7	48,9	94,3	193,7
33	1,3	– –	11 30	10,1	15,6	21,6	29,5	79,9	128,7	152,1	220,0
34	0,6	– –	10 –	11,2	14,8	21,1	—	82,1	123,5	156,0	—
Romancemente.											
38	29,2	– –	– 9	7,6	11,4	18,3	31,0	77,1	88,8	102,1	188,0
40	19,0	– –	– 5	4,7	9,2	14,7	18,7	58,8	63,8	87,8	120,6
33	14,7	– 5	– 11	9,1	11,3	18,3	23,5	98,2	113,2	121,6	176,2
25	6,6	– –	1 10	8,8	14,4	18,2	24,0	85,7	107,3	130,8	162,9
34	0,4	– –	14 –	10,7	15,1	21,4	28,5	98,7	143,7	193,2	263,8
24	1,9	– –	9 30	10,7	16,6	26,5	27,7	99,7	139,9	208,5	265,2
33	0,2	– –	13 30	14,0	16,1	24,7	31,6	129,4	182,2	228,6	269,7
Portlandcemente.											
26	1,4	– –	8 45	12,6	18,3	23,4	29,1	138,8	171,5	234,1	273,0
29	5,0	– –	1 30	15,3	19,5	25,0	30,4	127,3	166,2	201,7	244,4
28	1,9	– –	5 25	10,7	16,0	20,2	24,8	147,4	176,9	228,3	259,2
26	3,1	– –	1 40	13,0	19,9	21,8	27,4	89,9	120,4	151,8	222,8
27	4,1	– –	1 45	11,8	16,5	19,6	23,4	88,6	113,9	142,1	161,6
26	1,5	– –	10 30	18,8	25,2	32,4	35,7	161,2	199,7	216,9	237,2

b. Resultate der Prüfung der Einläufe aus den Jahren 1886 bis einschliesslich 1893.

(Maschinenarbeit).

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. *cm*²	Druck *kg* p. *cm*²	Zug *kg* p. *cm*²	Druck *kg* p. *cm*²
Hydraulische Kalke.									
Jahrgang 1886.									
1	—	ca. 3 T.	—	9,0	—	2,6	—	9,1	66,5
2	—	5	—	16,4	—	5,5	—	11,0	51,5
3	—	15	—	10,0	26,5	5,5	—	12,3	56,3
Jahrgang 1887.									
4	—	ca. 30	—	15,6	—	4,6	—	7,0	76,0
5	—	ca. 5 T.	—	17,0	—	7,4	—	12,5	79,6
6	—	20	—	19,6	—	4,6	—	10,9	74,0
7	—	ca. 33	—	17,5	—	4,9	34,5	10,5	60,0
8	—	c. 2 1/2 T.	—	12,0	—	2,3	24,9	6,8	43,4
9	—	ca. 42	—	15,0	—	3,8	—	8,7	58,8
10	—	3	—	7,8	—	8,1	56,9	16,0	89,4
Jahrgang 1888.									
11	—	10	—	4,0	—	6,7	49,9	11,8	78,0
12	—	c. 32	—	15,0	—	4,0	27,5	8,8	52,8
13	—	24	—	10,3	—	5,8	37,8	12,3	76,6
14	—	ca. 4 T.	—	18,5	—	—	6,9	4,6	20,8
15	—	24	—	11,6	—	5,3	33,9	10,8	77,9
16	—	30	—	32,0	—	3,3	19,8	7,5	34,0
17	—	30	—	19,2	—	5,1	26,9	10,6	53,8
18	—	49	—	13,0	—	2,4	16,3	6,3	38,9
19	—	48	—	23,6	—	2,8	16,0	8,6	36,6
20	—	c. 12 T.	—	5,5	—	2,6	16,9	7,8	38,5
21	—	21	—	19,6	—	2,9	16,4	6,8	28,6

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3)			
						nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
Jahrgang 1889.									
22	—	3	—	24,0	45,0	—	8,8	3,2	14,0
23	—	ca. 24	—	13,5	—	—	16,0	5,2	27,6
24	—	ca. 32	—	11,4	—	4,2	24,1	6,6	49,4
25	—	36	—	4,6	—	4,9	40,8	8,2	64,5
26	—	35	—	6,2	—	—	15,6	4,5	27,1
27	—	40	—	16,4	—	3,2	17,1	7,5	36,8
28	—	c. 3 1/4 T.	—	12,0	—	—	11,5	8,3	41,1
29	—	ca. 5 T.	—	10,8	—	c. 2,0	13,9	6,8	37,8
30	—	60	—	8,5	—	3,0	24,6	8,3	53,6
31	—	40	—	8,0	—	4,3	22,4	10,0	52,5
32	—	24	—	17,0	—	3,7	23,6	8,7	45,3
33	—	40	—	18,0	—	2,0	17,3	7,5	45,6
34	—	26	—	15,2	—	3,7	23,0	7,5	37,5
35	—	10	—	14,5	—	3,3	22,5	7,8	42,7
36	—	ca. 37	—	20,6	—	c. 2,0	11,4	6,0	22,8
37	—	30	—	12,6	—	3,5	26,5	8,1	56,8
38	—	43	—	10,8	—	2,2	24,1	7,0	48,0
39	—	ca. 99	—	10,0	—	—	11,1	7,2	41,5
40	—	28	—	8,0	—	6,8	38,4	7,9	65,1
41	—	30	—	20,6	—	3,8	25,3	7,3	46,3
42	—	32	—	9,0	—	1,0	14,3	3,3	20,8
43	—	ca. 42	—	13,4	—	4,8	37,3	9,5	63,3
44	—	42	—	21,5	—	—	17,9	—	15,3
45	—	60	—	16,6	—	c. 1,7	17,0	5,0	26,8
46	—	40	—	11,0	—	3,4	31,3	9,8	73,5
47	—	ca. 52	—	8,5	—	—	15,4	3,9	31,9
48	—	30	—	12,6	—	—	28,3	6,1	49,8
49	—	25	—	23,5	—	2,3	17,3	5,6	30,5
50	—	36	—	26,0	—	2,9	18,9	6,5	33,3
51	—	22	—	9,8	—	5,8	52,0	9,5	71,9
52	—	24	—	19,4	—	2,1	24,1	5,6	41,3
53	—	ca. 50	—	8,0	—	2,3	31,5	7,2	65,5
54	—	ca. 70	—	8,6	—	3,1	29,9	8,3	65,3
55	—	65	—	16,2	—	2,3	20,3	6,0	37,5

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3)			
						nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. *cm*²	Druck *kg* p. *cm*²	Zug *kg* p. *cm*²	Druck *kg* p. *cm*²
56	—	45	—	12,0	—	3,1	30,0	6,1	48,0
57	—	26	—	12,0	—	4,2	40,1	7,3	62,6
58	—	30	—	12,0	—	3,6	29,6	7,5	51,8
				Jahrgang 1890.					
59	—	24	—	11,5	—	2,8	23,3	6,7	42,9
60	—	ca. 13	30	1,4	—	—	27,3	3,6	51,6
61	—	ca. 35	—	12,4	—	c. 1,5	17,3	6,7	41,6
62	—	ca. 55	—	4,0	—	5,9	42,2	11,0	75,0
63	—	ca. 55	—	7,1	—	5,2	38,8	11,1	75,5
64	—	ca. 55	—	6,1	—	2,4	19,5	7,5	55,8
65	—	48	—	14,1	—	3,1	21,6	6,4	46,1
66	—	ca. 144	—	25,5	—	—	4,3	2,8	14,4
67	—	—	35	8,4	—	5,7	57,9	11,4	84,6
68	—	ca. 84	—	13,3	—	2,8	15,4	7,2	34,4
69	—	ca. 45	—	12,0	—	2,3	15,5	5,6	32,1
70	—	1	35	14,0	—	4,4	28,5	13,4	78,4
71	—	ca. 120	—	8,2	—	3,4	20,1	8,3	51,0
72	—	ca. 96	—	18,4	—	—	16,8	6,6	40,5
73	—	ca. 72	—	3,5	—	4,2	27,3	8,3	60,6
74	—	ca. 32	—	15,2	—	2,4	17,6	7,0	33,3
75	—	ca. 72	—	16,0	—	3,1	22,8	8,0	50,4
76	—	ca. 22	—	30,0	—	4,1	24,7	7,7	47,3
77	—	ca. 336	—	—	—	2,1	11,7	5,4	23,5
78	—	ca. 50	—	16,0	—	2,0	21,4	6,0	40,9
79	—	24	—	22,0	—	4,4	35,4	10,6	45,8
80	—	ca. 96	—	3,8	—	—	10,1	6,8	35,3
81	—	ca. 29	—	14,8	—	5,0	34,2	9,2	58,0
82	—	ca. 96	—	6,8	—	3,8	28,2	8,4	50,5
83	—	40	—	10,3	—	4,6	28,2	8,5	47,1
84	—	20	—	4,0	—	3,2	15,2	5,7	44,7
				Jahrgang 1891.					
85	—	ca. 84	—	16,2	—	2,3	18,9	8,3	40,1
86	—	12	—	8,0	—	4,0	29,1	7,8	47,3

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900	4900	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
87	—	ca. 40	—	15,0	—	4,6	23,6	9,2	44,5
88	—	ca. 252	—	8,3	—	—	9,8	8,2	36,3
89	—	ca. 43	—	18,5	—	4,3	31,9	9,3	54,9
90	—	ca. 3	30	12,6	—	3,0	23,7	9,0	52,9
91	—	ca. 30	—	14,0	—	5,1	45,4	9,8	78,1
92	32	28	—	17,0	—	4,2	25,1	8,7	40,4
93	—	26	—	16,5	—	5,1	25,4	10,8	47,4
94	33	ca. 120	—	20,5	—	—	8,8	3,3	21,8
95	—	ca. 27	—	22,0	—	1,9	15,6	4,6	33,3
96	—	ca. 27	—	18,0	—	4,3	24,4	9,3	45,4
97	—	ca. 108	—	18,8	—	2,1	18,5	5,3	38,7
98	38	ca. 22	—	18,3	—	4,0	26,8	10,8	47,1
99	—	ca. 120	—	13,7	—	3,9	31,1	6,9	56,1
100	—	ca. 50	—	12,5	—	4,3	39,3	9,7	71,4
101	—	ca. 50	—	19,0	—	3,4	32,4	7,8	59,8
102	—	ca. 84	—	15,8	—	4,4	32,6	9,5	55,0
103	—	ca. 96	—	10,5	—	3,7	23,6	7,4	46,9
104	—	ca. 55	—	24,0	—	2,3	16,6	5,6	24,1
105	—	28	—	16,4	—	3,3	17,8	5,6	29,0
106	—	ca. 20	—	23,0	—	6,7	49,1	15,6	74,4
107	38	ca. 96	—	10,8	—	2,1	13,0	4,4	29,6
108	—	ca. 72	—	21,1	—	5,5	32,2	9,4	71,2
109	—	ca. 108	—	11,3	—	3,6	27,9	9,2	49,6
				Jahrgang 1892.					
110	—	ca. 48	—	16,4	—	1,1	21,7	2,9	41,9
111	—	ca. 30	—	6,5	—	3,8	29,7	10,4	63,9
112	—	ca. 48	—	10,7	—	1,9	24,3	7,0	55,1
113	—	ca. 24	—	14,4	—	3,1	30,0	7,4	53,8
114	—	ca. 72	—	22,4	—	2,6	19,2	6,4	39,4
115	—	ca. 72	—	18,0	—	2,9	28,7	8,4	55,4
116	—	ca. 30	—	14,6	—	3,4	27,6	8,0	47,8
117	—	ca. 60	—	18,0	—	2,4	26,5	7,2	50,9
118	40	ca. 192	—	2,2	—	—	12,6	3,1	26,9
119	—	ca. 96	—	12,0	—	1,6	16,7	4,3	32,5

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 | 4900 Sieb		Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
120	—	ca. 50	—	16,8	—	2,9	26,0	7,8	55,6
121	—	ca. 45	—	11,6	—	2,2	20,6	5,9	39,9
122	—	ca. 72	—	10,8	—	3,2	26,4	7,6	54,1
123	—	ca. 50	—	12,6	—	4,0	29,4	8,0	50,6
124	—	ca. 60	—	16,3	—	3,1	28,1	8,1	57,4
125	—	ca. 120	—	5,3	—	2,8	27,7	9,3	67,8
126	—	ca. 30	—	18,6	—	4,3	24,4	7,5	42,9
127	—	7	—	14,1	—	6,5	45,1	11,3	87,9
128	—	ca. 120	—	3,7	—	2,4	25,3	7,7	63,1
129	43	ca. 84	—	6,2	—	1,7	15,3	7,1	37,5
130	—	ca. 57	—	15,8	—	2,9	23,1	7,7	49,6
131	—	ca. 55	—	9,7	—	2,2	18,3	5,3	37,1
132	44	ca. 144	—	19,9	—	—	12,9	4,3	24,6
133	—	ca. 10	—	26,3	—	1,4	13,1	4,8	30,1
134	—	ca. 24	—	12,2	—	1,8	21,8	5,4	37,1
135	—	ca. 60	—	17,6	—	3,2	28,0	6,9	41,5
136	—	ca: 204	—	18,5	—	0,5	10,0	3,3	20,1
137	—	ca. 108	—	0,5	—	2,1	17,8	7,8	44,1
138	—	ca. 50	—	14,6	—	1,6	18,2	5,4	34,6
139	—	ca. 55	—	10,9	—	3,0	29,2	8,4	51,3
140	—	ca. 22	—	3,9	—	4,4	47,8	10,1	85,3
141	—	ca. 15	—	9,1	—	6,2	76,5	10,0	107,0
				Jahrgang 1893.					
142	—	ca. 24	—	18,4	—	3,1	19,3	6,5	37,0
143	—	ca. 120	—	0,6	—	—	—	—	—
144	—	96	—	5,0	—	2,3	21,8	7,7	43,3
145	—	192	—	6,9	—	2,3	12,9	5,5	28,4
146	—	20	—	13,7	—	3,9	27,4	8,1	47,5
147	—	30	—	11,8	—	3,5	20,7	7,8	36,5
148	—	72	—	5,2	—	3,1	21,5	6,4	47,3
149	—	ca. 240	—	24,7	—	1,4	8,2	3,2	12,7
150	—	192	—	13,5	—	—	9,9	3,5	21,7
151	—	24	—	14,6	—	4,7	22,3	9,4	44,8
152	—	60	—	12,2	—	2,3	17,4	6,3	38,4

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900	4900	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
153	—	72	—	20,2	—	—	6,8	1,4	18,0
154	—	96	—	10,0	—	—	9,7	4,8	25,3
155	—	28	—	9,9	—	3,1	23,3	5,4	36,5
156	—	35	—	14,8	—	3,5	24,9	6,7	42,7
157	—	60	—	10,1	—	2,5	21,2	6,3	44,5
158	—	ca. 60	—	24,4	—	2,2	17,7	6,3	41,6
159	—	ca. 24	—	15,0	—	5,0	31,9	8,0	40,3
160	—	12	—	14,2	—	3,1	22,5	10,6	55,1
161	—	40	—	26,5	—	3,0	22,6	6,3	42,3
162	—	84	—	4,9	—	4,3	28,6	9,1	67,9
163	—	20	—	16,4	—	4,4	27,6	9,1	49,6
164	—	45	—	10,7	—	2,2	25,7	5,6	45,1
165	—	144	—	5,8	—	2,3	14,1	6,7	45,3
166	—	26	—	8,6	—	4,8	29,8	9,4	51,1
167	—	ca. 24	—	10,0	—	3,4	26,3	6,3	44,4
168	—	84	—	19,8	—	3,8	21,1	7,4	41,5
169	—	60	—	9,8	—	4,4	26,7	10,1	53,4
170	—	50	—	9,4	—	3,3	25,9	7,5	49,3
171	—	ca. 7	30	1,4	—	7,7	48,1	13,4	81,5
172	—	ca. 72	—	7,0	—	1,4	12,6	4,7	26,3
173	—	ca. 48	—	8,7	—	2,7	22,4	7,1	41,4
174	—	ca. 72	—	17,6	—	2,5	20,4	6,8	40,9
175	—	ca. 90	—	24,4	—	1,9	14,0	5,4	33,5
176	—	26	—	18,2	—	3,5	26,3	8,9	43,8

Romancemente.

Jahrgang 1886.

1	—	2	—	5,0	18,0	7,9	—	14,7	71,9
2	—	—	48	0,9	8,3	12,0	80,8	20,7	109,1
3	—	2	25	13,8	35,3	4,8	—	9,6	50,0
4	—	—	20	5,6	24,0	11,0	89,2	18,8	127,0
5	—	8	30	9,7	37,4	8,4	67,6	12,1	94,2
6	—	3	20	20,7	38,5	5,9	—	12,3	59,6
7	—	24	—	5,9	20,8	9,0	54,3	14,5	70,9

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. *cm*²	Druck *kg* p. *cm*²	Zug *kg* p. *cm*²	Druck *kg* p. *cm*²
8	—	1	30	11,5	29,5	9,1	64,0	14,9	67,2
9	—	17	30	10,4	30,6	6,1	50,0	10,8	83,9
10	—	1	—	3,6	21,1	8,8	58,3	15,1	83,6
				Jahrgang 1887.					
11	—	1	45	8,4	20,0	7,5	—	16,9	96,4
12	—	6	—	8,8	28,5	9,9	88,5	13,5	107,6
13	—	—	45	19,3	34,5	3,3	—	5,9	52,1
14	—	—	19	8,5	24,4	10,1	80,3	13,8	105,1
15	—	—	14	7,7	22,0	10,4	83,1	12,8	85,0
16	—	—	42	10,1	26,8	6,0	43,9	7,9	52,9
17	—	—	42	1,1	12,2	8,7	94,5	17,5	148,2
18	—	—	12	12,5	24,2	9,3	73,7	13,3	115,5
19	—	4	—	21,1	32,6	4,6	35,1	6,2	40,9
20	—	12	30	6,1	26,0	8,0	56,9	13,6	93,2
21	—	12	—	0,5	25,6	3,6	—	8,0	50,5
				Jahrgang 1888.					
22	—	—	13	7,2	23,4	14,2	104,8	16,9	125,0
23	—	—	50	2,4	20,4	14,8	115,6	19,9	180,1
24	—	—	5	11,8	23,0	13,8	138,1	18,3	177,8
25	—	4	—	2,4	23,2	9,3	70,0	14,4	105,4
26	—	2	—	4,6	15,5	7,5	79,9	9,9	113,4
				Jahrgang 1889.					
27	—	—	16	12,4	32,0	13,6	100,9	18,0	130,1
28	—	—	12	3,9	16,6	10,7	95,0	13,7	134,1
29	—	13	—	7,5	30,0	7,0	70,8	9,7	95,5
30	—	—	13	0,4	9,4	13,6	118,6	16,1	164,3
31	—	12	30	5,6	25,0	6,3	57,6	9,3	88,5
32	—	—	6	9,2	26,4	9,9	78,8	13,8	132,3
33	—	—	15	3,0	21,0	11,1	107,8	15,4	179,3
34	—	—	5	4,3	22,9	13,5	114,1	14,2	141,8

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900	4900	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
35	—	4	30	2,0	18,6	7,9	68,0	14,1	137,8
36	—	—	3½	2,0	27,0	12,6	100,9	12,3	120,4
37	—	16	—	4,6	27,0	8,6	77,9	16,6	126,8
38	—	—	15	13,2	29,0	10,9	90,5	11,4	113,5
39	—	—	7	12,4	30,2	10,1	100,9	10,9	111,5
40	—	14	—	5,8	29,6	10,3	120,6	13,7	166,0
				Jahrgang 1890.					
41	—	—	14	3,2	21,0	15,1	130,8	19,3	168,1
42	—	—	15	2,8	12,1	8,1	77,5	10,9	110,8
43	—	5	30	6,2	29,2	6,0	41,1	9,7	67,0
44	—	—	9	8,5	25,6	12,8	113,8	15,5	140,6
45	—	—	7	12,2	28,4	14,0	105,5	15,8	141,4
46	—	—	15	9,1	25,6	13,6	111,9	15,6	122,6
47	—	—	10	5,8	25,2	12,8	87,5	16,1	141,0
48	—	—	6	7,6	25,0	12,0	111,5	15,1	154,4
49	—	—	16	Sp.	14,8	13,9	129,0	16,0	133,4
50	—	—	19	2,2	19,2	13,9	123,5	17,3	149,4
				Jahrgang 1891.					
51	—	30	—	3,0	21,8	11,6	127,9	20,1	185,8
52	—	—	4	2,3	22,0	13,3	100,9	16,8	155,1
53	—	6	—	15,0	30,0	4,3	33,8	6,7	32,8
54	—	—	16	10,5	26,8	15,0	128,4	17,4	166,9
55	—	4	30	8,5	26,0	2,4	25,3	3,8	25,0
56	—	—	11	11,5	27,0	13,9	106,6	16,6	150,8
57	—	6	—	2,4	33,0	7,3	53,5	15,1	90,5
58	19	4	5	8,2	23,4	11,9	78,0	18,0	115,3
59	—	—	17	10,8	27,5	13,7	117,5	16,7	143,1
60	—	—	30	9,0	24,4	12,4	119,6	18,2	154,1
61	—	84	—	6,1	25,7	6,5	35,1	11,9	43,2
62	—	—	12	9,9	26,7	13,6	120,0	18,0	163,9
63	—	—	8	7,8	20,7	9,7	93,9	12,0	114,0

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3)			
						nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
Jahrgang 1892.									
64	63*)	25	—	6,0	26,3	10,1	99,6	13,3	167,4
65	—	—	20	13,0	28,8	12,3	116,8	13,1	140,5
66	—	—	20	5,7	29,1	10,1	119,3	14,7	180,0
67	—	—	15	7,9	21,9	11,0	99,8	15,3	151,6
68	—	—	9	9,0	26,2	13,4	128,1	15,7	155,3
69	—	—	10	11,3	24,4	9,5	107,1	13,3	126,9
70	—	—	15	11,1	26,1	9,0	89,4	12,3	111,0
71	—	—	10	6,6	25,3	8,8	84,6	10,9	99,0
72	—	—	15	7,0	19,5	7,4	86,9	13,2	140,5
73	—	—	15	9,7	23,3	6,6	70,6	8,8	91,5
74	—	—	11	10,3	24,9	8,3	96,0	10,3	122,5
75	—	—	25	7,9	24,9	11,1	113,9	13,4	144,0
76	—	—	30	5,6	19,7	8,9	85,3	13,8	136,0
77	—	—	15	6,4	19,9	7,5	86,5	11,7	103,8
78	—	—	45	7,1	20,6	9,9	101,5	15,4	127,5
Jahrgang 1893.									
79	—	6	—	11,0	30,7	3,4	20,9	6,8	39,6
80	31	—	20	11,5	28,9	4,6	41,9	9,5	85,9
81	—	—	20	19,2	40,5	3,8	26,6	4,6	32,6
82	—	1	—	3,0	22,0	3,6	29,3	7,9	64,6
83	—	—	7	3,7	19,4	11,1	123,0	13,5	150,6
84	—	—	9—10	5,1	24,2	9,9	98,4	12,3	123,1
85	—	—	12—13	4,2	17,1	8,7	83,1	12,4	124,3
86	—	—	12	1,3	14,0	14,1	111,0	18,8	200,0
87	—	—	25	3,1	12,5	10,9	100,0	16,8	137,3
88	—	—	8	4,5	19,6	12,4	116,4	13,1	131,1
89	33	—	13	3,2	13,0	12,2	115,5	19,1	194,1
90	—	—	9	5,0	34,5	9,9	91,4	12,6	115,6
91	—	2	—	23,9	34,8	5,6	41,6	6,5	50,5

*) Vide No. 63 unter den Portlandcementen, Seite 150.

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
Schlackencement.									
Jahrgang 1886.									
1	—	22	—	1,0	13,5	17,4	116,7	35,1	225,1
2	—	14	—	0,5	17,5	14,9	82,1	33,9	207,8
3	—	14	—	3,6	30,6	7,5	66,3	11,1	65,9
4	—	17	—	0,6	10,5	21,2	144,3	32,8	229,3
5	—	10	—	0,9	13,1	21,2	116,6	32,3	238,4
6	—	8	—	0,2	10,0	14,8	89,5	27,1	158,6
Jahrgang 1887.									
7	—	10	—	0,4	20,0	13,9	68,8	25,1	165,8
8	—	11	30	0,6	11,0	16,6	83,2	29,3	194,4
9	—	11	30	1,2	13,8	12,6	85,7	27,6	210,7
Jahrgang 1888.									
10	—	7	—	0,3	16,8	11,6	84,3	24,8	203,8
11	—	10	—	0,3	13,0	13,8	105,1	26,6	245,9
12	—	17	—	0,5	19,7	16,1	128,6	26,3	263,0
13	—	17	—	0,8	22,0	17,6	137,0	27,3	264,9
14	—	15	—	0,6	19,0	16,8	125,0	26,6	270,5
15	—	18	—	0,4	26,5	16,8	135,0	29,4	257,6
16	—	16	30	0,3	18,0	16,5	115,8	27,5	258,1
17	—	15	—	0,7	22,2	15,5	124,6	26,9	256,4
18	—	15	—	0,2	19,1	11,8	89,9	22,6	202,5
19	—	16	—	0,2	19,4	12,1	91,8	24,4	229,9
Jahrgang 1889.									
20	—	36	—	0,5	17,6	12,2	85,1	19,4	136,6
21	—	36	—	0,2	13,0	11,7	85,3	21,6	161,5
22	—	10	—	0,4	23,5	12,3	85,1	15,7	100,9
23	—	25	—	0,4	25,2	7,2	45,9	19,1	152,4

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3)			
						nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
24	—	23	30	0,3	25,1	8,7	53,0	22,7	160,9
25	—	13	—	0,0	11,0	17,6	169,9	28,7	296,0
26	—	40	—	0,0	18,5	14,6	116,0	23,9	207,6
27	—	15	30	0,0	2,6	22,4	235,4	28,7	298,8
28	—	28	—	0,0	7,0	15,0	136,3	24,1	208,8
29	—	32	—	Sp.	9,4	19,9	153,6	23,1	222,9
30	—	15	—	0,8	25,6	12,1	101,4	21,1	216,3
31	—	21	30	1,4	21,1	17,3	147,4	29,1	208,1
				Jahrgang 1890.					
32	—	20	—	1,2	15,8	16,6	97,7	28,8	212,1
33	—	16	—	1,0	14,2	15,4	121,8	24,1	246,9
34	—	21	—	1,2	30,0	13,6	112,0	21,1	221,1
35	—	14	30	0,8	18,8	13,8	110,8	25,7	267,9
36	—	13	—	1,0	15,5	14,3	107,1	25,7	295,6
37	—	30	—	0,6	14,0	12,5	84,6	22,8	151,9
38	—	20	—	0,6	10,1	22,6	190,5	29,1	243,9
39	—	14	30	2,0	26,6	13,6	106,8	23,3	215,9
40	—	25	—	1,0	12,8	8,1	57,0	15,3	106,1
				Jahrgang 1891.					
41	—	96	—	0,0	26,3	19,7	161,4	28,8	245,3
42	—	13	30	1,0	19,0	13,6	104,8	21,6	198,0
43	—	24	—	0,8	13,6	16,0	131,4	23,6	225,3
44	—	22	—	1,1	15,9	16,2	133,0	25,0	247,0
45	—	12	—	0,4	12,6	13,3	88,4	22,2	208,7
46	—	16	—	Sp.	19,6	17,3	152,9	25,8	238,5
47	—	20	—	0,6	19,4	15,9	114,5	25,8	247,6
48	—	17	—	2,4	30,0	14,4	105,1	28,3	265,0
49	—	12	—	2,2	27,0	18,4	140,0	26,0	246,6
50	—	18	—	4,0	27,0	17,0	113,1	24,1	203,8
51	—	7	—	2,4	25,2	13,1	87,5	23,9	205,4

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3)			
						nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
Jahrgang 1892.									
52	—	16	—	0,2	17,2	9,8	81,0	19,5	164,5
53	—	7	—	0,0	2,9	9,6	70,3	27,9	331,5
54	—	5	—	0,0	8,2	18,4	180,6	21,5	232,9
55	—	30	—	1,0	13,6	9,5	67,6	21,4	211,6
56	—	15	—	0,8	20,1	17,4	158,3	24,0	320,1
57	—	30	—	0,1	6,6	25,3	223,4	29,0	295,4
58	—	11	—	0,1	13,4	18,4	185,1	25,4	321,9
59	—	16	—	Sp.	13,9	16,4	185,5	23,5	259,5
60	—	32	30	0,4	8,4	16,9	125,8	22,8	172,6
61	—	20	—	0,2	20,3	16,1	127,8	22,3	214,9
62	—	17	—	0,3	10,0	16,8	188,5	26,9	245,5
Jahrgang 1893.									
63	—	18	—	Sp.	13,2	19,6	144,9	22,4	197,3
64	—	14	—	0,2	18,6	13,1	117,0	22,9	225,3
65	—	7	30	Sp.	7,0	24,3	174,6	27,3	255,3
66	—	5	—	Sp.	8.0	19,4	171,2	24,4	256,0
67	—	20	—	Sp.	6,4	18,9	145,3	27,5	210,3
68	—	20	—	0,8	17,0	17,2	133,6	22,9	183,3
Portlandcemente.									
Jahrgang 1886.									
1	—	14	30	4,9	30,7	19,2	130,6	28,1	186,4
2	—	—	20	0,9	12,4	26,6	174,2	32,8	237,2
3	33	8	—	8,7	30,3	26,9	144,9	34,0	234,0
4	—	15	—	3,4	22,0	—	—	28,9	189,7
5	—	23	—	7,0	39,1	—	—	17,5	121,9
6	—	14	—	2,4	22,9	—	—	27,4	200,5
7	—	21	30	11,5	41,5	15,5	99,4	20,7	144,4
8	—	14	—	0,8	26,7	19,2	136,2	23,0	200,5

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3)			
						nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
9	—	15	—	3,0	24,7	—	—	23,5	159,6
10	—	9	—	3,3	23,9	13,7	73,3	22,6	108,2
11	—	23	30	5,5	31,5	—	—	28,7	188,9
12	—	23	30	4,1	25,9	—	—	23,6	141,6
13	—	12	—	4,7	35,6	—	—	22,6	152,6
14	—	8	30	6,5	35,6	—	—	21,0	111,5
15	—	9	30	16,0	37,0	10,1	—	14,0	70,9
16	—	1	45	6,1	26,3	—	—	20,6	123,5
17	—	5	—	5,4	27,6	15,9	100,2	22,9	137,5
18	—	30	—	1,0	18,3	13,9	127,4	24,9	191,3
19	—	28	—	0,2	5,8	26,3	197,9	34,4	284,9
20	—	16	30	3,2	28,3	17,4	111,4	25,5	154,3
21	—	12	—	2,0	25,0	21,7	136,4	26,3	190,5
22	—	27	30	11,0	37,0	12,0	92,0	22,0	137,2
				Jahrgang 1887.					
23	—	22	—	6,6	39,0	10,6	75,0	16,9	119,4
24	—	20	—	3,4	19,4	21,5	158,7	29,9	227,8
25	—	3	—	4,2	26,4	14,1	99,7	21,8	127,8
26	—	18	—	1,0	18,3	17,3	114,7	26,7	206,6
27	—	9	—	3,5	26,0	15,1	118,8	22,4	162,1
28	—	1	—	1,5	19,5	17,9	136,2	26,8	215,6
29	—	1	—	4,0	27,0	14,5	94,6	19,8	145,6
30	—	2	30	6,9	35,5	17,1	133,2	26,4	185,7
31	—	11	—	4,6	27,8	14,1	137,8	17,6	141,7
32	—	3	—	8,1	35,0	10,0	71,1	15,1	95,8
33	—	19	—	0,4	20,4	21,6	150,2	31,0	213,1
34	—	2	30	0,25	16,6	18,7	113,3	24,3	158,7
35	—	18	—	1,6	20,7	18,3	128,6	29,2	170,4
36	—	20	—	1,2	21,4	25,8	184,2	32,3	233,7
37	—	15	—	0,9	26,7	22,8	158,2	30,6	211,2
38	—	17	30	3,2	22,3	16,5	105,6	25,0	188,2
39	—	12	30	4,0	26,0	23,1	129,6	28,6	201,0
40	—	19	—	4,5	20,5	19,2	152,1	26,4	193,3

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3)			
						nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
41	—	5	30	3,4	20,5	15,4	125,0	28,4	178,3
42	—	25	—	5,1	27,4	13,0	109,2	24,6	184,7
				Jahrgang 1888.					
43	—	27	—	0,5	34,0	17,0	105,3	24,5	214,3
44	—	13	—	6,8	26,0	21,1	170,1	29,8	225,6
45	—	10	—	2,2	22,8	21,8	160,3	26,7	235,0
46	—	23	—	11,2	38,8	12,8	92,2	19,2	144,3
47	—	22	—	7,0	30,7	18,7	143,1	24,9	212,5
48	—	1	—	2,2	19,3	13,1	97,4	22,1	182,6
49	—	15	—	1,0	28,6	11,3	76,0	17,5	121,3
50	—	8	—	19,3	35,8	8,1	46,4	13,2	69,9
51	—	24	—	7,5	36,5	11,4	85,1	21,5	137,9
52	—	11	—	3,3	31,7	19,1	172,1	27,3	219,2
53	—	16	—	1,3	26,4	21,1	154,9	28,7	211,9
54	—	15	—	2,9	34,2	9,1	52,1	14,9	88,6
55	—	11	—	1,3	20,9	14,2	111,3	19,0	152,7
56	—	7	15	4,0	30,3	16,8	154,1	23,7	217,5
57	—	6	—	1,4	27,4	18,3	156,2	23,3	205,6
58	—	19	30	0,8	27,4	19,6	159,2	27,6	218,1
59	—	13	—	9,2	34,0	13,5	109,1	18,6	158,2
60	—	12	—	4,3	28,2	15,1	128,8	22,1	192,1
61	—	8	—	5,6	28,5	16,6	112,3	24,2	193,4
62	—	17	30	0,6	27,0	19,2	166,5	24,1	255,3
63	—	17	30	0,9	29,7	18,3	150,6	24,8	206,6
64	—	17	—	1,7	26,8	18,6	161,6	24,8	203,4
65	—	24	30	6,2	37,8	14,5	136,9	20,3	194,4
66	—	24	—	1,5	24,5	16,5	145,8	21,4	230,8
67	—	7	—	0,6	23,2	17,9	148,0	22,0	181,5
68	—	5	30	1,2	22,2	22,0	—	26,6	242,0
69	—	19	—	3,6	31,6	10,9	92,6	15,6	120,0
70	—	20	—	1,6	29,5	18,9	165,8	25,0	226,3
71	—	2	—	5,8	35,0	15,8	120,3	23,1	190,0
72	—	17	—	2,0	35,0	13,3	105,1	19,2	146,0
73	—	17	—	1,0	25,6	17,6	147,5	25,1	213,6

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3)			
						nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
74	—	8	—	0,4	20,5	21,0	151,0	25,3	213,5
75	—	24	—	12,5	45,0	12,8	98,0	16,9	143,4
76	—	24	—	2,4	25,0	11,3	93,1	13,3	154,5
77	—	40	—	3,1	21,8	10,1	75,3	20,2	155,0
78	—	20	—	11,0	41,5	13,5	106,9	19,3	171,0
				Jahrgang 1889.					
79	—	17	—	12,0	41,0	12,1	113,3	15,9	166,6
80	—	20	—	4,0	22,8	12,9	82,5	12,9	141,8
81	—	18	—	11,0	36,4	17,2	119,0	18,8	173,4
82	—	24	—	0,8	14,7	13,6	126,1	14,8	213,3
83	—	8	—	3,1	16,1	12,9	104,3	17,7	156,0
84	—	20	—	9,4	30,4	11,4	97,2	19,7	153,7
85	—	22	—	6,4	35,2	13,4	86,9	16,5	137,1
86	—	22	—	0,3	24,3	22,6	198,6	28,0	287,0
87	—	12	—	1,5	20,7	14,1	102,3	22,7	205,9
88	—	18	—	6,7	40,5	14,8	134,3	19,5	198,8
89	—	22	—	1,3	18,4	19,8	168,4	26,9	246,1
90	—	24	—	2,5	24,2	18,0	126,4	25,1	207,8
91	—	20	—	4,3	35,0	17,5	148,0	23,8	207,6
92	—	30	—	0,8	7,8	20,7	172,8	28,3	304,1
93	—	18	—	0,8	23,4	24,2	158,4	26,2	228,3
94	—	18	—	2,6	36,0	15,5	116,9	19,2	170,3
95	—	13	30	6,3	37,0	17,1	127,0	23,3	187,0
96	—	17	—	0,3	9,6	21,2	193,8	29,7	253,0
97	—	13	—	1,8	20,0	—	—	29,3	292,9
98	—	16	—	2,5	33,5	13,7	112,1	18,3	155,3
99	—	16	—	2,0	29,9	20,3	145,0	23,8	208,6
100	—	16	—	5,3	39,0	10,8	91,3	13,9	136,4
101	—	19	—	4,3	28,8	22,0	159,9	24,2	220,8
102	—	17	—	2,8	30,0	19,1	144,6	22,4	206,0
103	—	14	—	0,2	21,7	7,9	60,9	12,4	102,4
104	—	22	—	0,8	27,5	22,2	202,1	23,8	274,4
105	—	22	—	5,0	34,4	11,5	89,8	14,7	215,1
106	—	20	—	7,4	34,0	9,6	90,1	14,5	127,5

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900	4900	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
107	—	24	—	6,8	34,0	14,3	114,8	17,1	153,6
108	—	29	—	6,8	36,5	9,5	82,3	12,6	124,5
109	—	21	—	0,3	19,0	10,4	102,3	17,3	165,6
110	—	26	—	3,0	22,5	12,4	—	18,4	—
111	—	5	—	3,4	18,9	15,7	183,1	19,7	256,4
112	—	27	—	2,7	29,0	12,4	102,4	17,5	165,5
				Jahrgang 1890.					
113	—	12	—	4,0	21,9		rissig geworden		
114	—	8	—	5,2	25,8	7,6	72,6	11,2	104,6
115	—	24	—	3,5	26,5	19,6	180,4	25,7	247,3
116	—	18	—	2,5	22,3	12,3	97,9	16,7	130,5
117	—	18	—	2,5	16,0	14,2	117,8	18,6	154,9
118	—	3	25	2,3	16,5	8,3	61,3	13,2	92,1
119	—	20	—	0,7	21,0	22,0	164,8	29,5	268,1
120	—	17	—	2,3	31,2	15,4	116,1	20,1	161,5
121	—	14	30	4,4	22,6	17,3	125,8	22,7	181,1
122	—	20	—	9,4	37,4	7,6	46,9	12,2	82,1
123	—	15	—	5,5	25,5	19,9	135,9	23,4	228,9
124	—	22	—	0,2	13,2	18,1	171,8	25,8	259,0
125	—	25	—	0,0	8,3	25,4	255,8	32,1	317,5
126	—	15	—	7,2	32,0	16,8	145,6	23,1	188,8
127	—	16	30	13,4	28,0	14,5	124,0	16,8	181,6
128	—	24	—	9,8	41,4	9,3	82,5	13,9	125,6
129	—	2	42	0,3	4,9	19,7	189,9	26,7	262,7
130	—	9	—	1,3	19,0	17,0	124,5	21,7	200,5
131	—	12	—	7,6	38,8	11,6	79,0	15,7	119,1
132	—	25	—	5,6	23,0	18,4	165,4	22,9	214,0
133	—	8	—	5,4	30,4	17,9	150,4	21,4	202,4
134	—	8	35	2,6	23,4	14,0	09,9	18,6	143,8
135	—	17	—	1,0	24,7	15,3	127,0	19,2	188,9
136	—	13	—	Sp.	21,0	18,2	157,3	27,1	226,4
137	—	15	—	5,8	29,8	13,3	88,0	18,5	136,5
138	—	22	—	0,7	15,6	25,2	205,4	30,9	276,9
139	—	5	15	18,0	48,6	10,3	58,6	15,7	104;4

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900	4900	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
140	—	6	50	10,0	38,8	13,5	103,0	21,3	161,6
141	—	16	—	Sp.	17,6	24,4	230,0	26,2	294,3
142	—	19	—	4,5	18,2	27,8	241,8	32,8	354,9
143	—	18	—	7,7	31,0	10,1	122,1	7,9	116,5
144	—	15	—	8,8	29,4	12,8	119,8	17,5	172,9
145	—	10	—	0,8	20,6	14,2	124,4	19,5	196,3
146	—	2	42	2,6	20,6	10,7	73,1	14,2	118,5
147	—	17	—	9,4	32,5	9,1	123,4	7,7	109,4
148	—	24	—	3,7	32,0	14,6	98,1	18,3	154,1
149	—	20	—	6,1	25,3	17,1	159,1	20,6	235,3
				Jahrgang 1891.					
150	—	19	—	0,4	28,7	16,3	136,1	21,4	191,9
151	—	1	20	1,9	16,5	10,7	76,3	16,7	122,5
152	—	5	50	4,6	36,5	17,3	120,1	23,8	225,0
153	—	10	—	6,0	33,6	17,8	156,4	19,8	215,3
154	—	24	—	0,8	27,4	21,6	186,1	34,1	313,5
155	—	20	—	1,9	12,8	13,8	129,5	19,6	195,3
156	—	25	—	18,1	51,2	7,7	59,8	13,5	104,6
157	—	25	—	8,8	27,0	14,0	131,0	18,7	205,1
158	—	15	—	2,0	16,2	13,7	142,3	21,9	224,0
159	—	7	—	6,6	28,6	17,1	164,3	28,5	263,9
160	—	21	—	7,0	35,4	16,4	—	22,9	—
161	—	17	30	2,6	27,0	16,9	157,5	23,0	243,5
162	—	17	30	2,9	26,0	16,5	175,3	23,1	244,5
163	—	24	—	8,6	29,4	13,0	120,3	18,6	177,4
164	—	20	—	2,6	24,4	18,8	184,4	26,8	272,3
165	—	26	—	Sp.	8,8	24,4	288,4	33,5	371,9
166	—	5	—	5,4	24,8	7,3	48,1	11,8	76,1
167	—	5	—	0,7	7,6	17,2	154,5	25,8	208,5
168	—	8	30	0,5	21,5	16,8	142,3	25,1	204,5
169	—	4	47	5,0	27,5	17,2	142,5	23,0	191,8
170	—	1	05	1,4	28,0	18,1	126,9	22,5	205,4
171	—	20	—	1,0	30,6	22,6	189,6	26,5	262,9
172	—	6	30	1,9	28,8	17,1	148,3	23,4	209,9

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900	4900	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
173	—	24	—	5,2	29,5	12,0	95,8	18,5	156,1
174	—	18	—	1,0	14,0	26,4	260,8	30,9	349,9
175	—	30	—	4,6	28,0	16,6	131,0	24,4	188,4
176	—	25	—	2,8	19,2	28,8	235,0	32,6	284,9
177	—	2	25	1,8	37,2	14,8	114,0	21,0	141,5
178	—	23	—	4,2	24,4	24,6	207,8	29,6	256,6
179	59	18	—	1,6	24,5	25,3	169,8	33,0	270,1
180	—	18	—	10,0	31,0	9,9	96,5	10,0	124,0
181	—	18	—	8,0	31,4	14,7	114,3	20,4	159,8
182	—	20	—	3,3	31,5	22,2	178,0	27,4	261,9
183	—	19	—	3,6	40,0	20,7	141,5	26,9	210,6
184	—	12	—	1,0	12,5	20,0	174,5	28,5	255,5
185	—	17	—	2,8	18,0	22,5	201,5	28,0	274,4
186	—	24	—	6,2	30,5	12,6	114,6	19,8	180,9
187	—	15	—	5,0	31,0	19,1	175,5	23,3	210,8
188	—	7	30	2,4	31,0	15,9	127,6	20,3	180,3
189	—	18	—	3,0	24,3	15,0	119,3	25,3	182,0
190	—	5	35	8,7	37,3	14,8	126,1	21,2	173,5
191	—	20	—	6,2	34,6	15,1	132,5	21,5	166,2
192	—	20	—	2,8	25,8	16,5	138,6	22,2	224,5
193	—	22	—	1,6	22,2	20,5	177,4	23,7	266,6
194	—	20	—	0,0	28,8	19,5	188,4	26,7	264,3
195	—	22	—	1,1	19,9	16,9	141,1	23,0	184,5
196	—	18	—	Sp.	8,6	13,5	112,0	21,3	193,3
197	—	26	—	1,8	15,4	14,6	127,6	23,0	215,9
198	—	19	—	8,8	27,8	13,1	109,6	23,3	186,1
199	—	32	30	3,6	21,7	12,3	93,9	18,0	167,5
200	—	35	—	4,2	26,0	9,7	76,6	19,3	118,2
201	—	22	—	4,2	21,1	8,6	73,6	13,7	105,8
202	—	16	—	4,4	27,0	16,8	139,8	25,5	199,0
203	—	25	—	2,8	27,5	14,2	141,9	19,9	174,1
204	—	20	—	2,4	17,8	16,3	131,1	21,7	191,9
205	—	16	—	1,8	24,8	14,9	139,3	18,5	183,6
206	—	12	—	0,5	12,0	23,6	250,3	26,3	300,4
207	—	26	—	0,6	18,4	—	—	25,7	233,5
208	—	8	—	3,2	26,0	12,8	123,6	17,1	174,4

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
209	—	12	—	0,0	20,0	19,5	202,0	22,8	265,0
210	—	30	—	3,8	21,2	9,1	95,3	15,5	132,9
211	—	14	—	1,9	19,8	18,9	192,9	22,9	259,9
212	—	12	—	2,0	17,7	17,8	161,0	22,1	206,4
213	—	28	—	1,7	31,7	19,7	172,0	28,0	255,7
214	—	18	30	9,5	34,8	14,9	126,7	19,7	183,1
215	—	17	—	2.3	18,1	15,2	136,4	22,7	175,5
216	—	10	—	3,2	25,2	14,4	107,4	18,7	165,9
217	—	26	—	5,7	24,6	8,3	73,1	14,3	108,7
218	—	25	—	2,3	24,5	18,4	197,0	23,3	268,7
219	—	6	—	Sp.	11,0	22,0	193,2	25,2	271,1
				Jahrgang 1892.					
220	—	20	—	1,3	17,5	20,5	223,6	28,9	341,9
221	60	22	30	1,6	28,3	19,3	155,5	22,3	227,2
222	61	22	—	1,9	24,2	21,8	206,5	25,6	256,4
223	—	12	—	9,1	26,5	15,7	142,5	18,5	183,2
224	—	7	30	0,3	14,3	23,1	230,6	27,7	272,1
225	—	24	—	4,3	24,7	14,8	163,1	19,1	216,0
226	—	30	—	2,4	25,7	15,7	141,8	20,3	228,0
227	—	5	—	0,1	16,4	18,2	169,6	24,8	276,3
228	—	22	—	0,1	17,3	18,6	166,5	22,4	240,8
229	—	22	—	0,2	19,3	18,9	185,3	25,4	302,1
230	—	8	—	0,3	22,9	13,6	175,3	16,3	245,1
231	—	29	—	2,0	25,6	9,2	83,2	14,0	131,8
232	—	24	—	1,2	22,6	19,6	194,5	23,2	270,8
233	—	18	—	2,5	30,3	11,8	88,3	15,4	141,5
234	64	18	—	Sp.	26,7	14,2	178,5	17,0	255,9
235	—	16	—	7,2	30,0	16,4	135,5	20,8	227,9
236	—	22	—	0,6	16,0	23,1	257,4	29,9	374,0
237	—	20	—	0,2	27,3	19,2	144,0	22,8	252,6
238	—	5	—	Sp.	14,2	23,2	194,1	23,9	268,9
239	—	22	—	0,4	15,3	21,5	245,8	28,8	366,9
240	—	30	—	0,5	30,1	13,3	126,3	20,5	205,6
241	—	—	45	14,6	40,7	10,3	88,4	14,0	129,5

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900	4900	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
242	—	9	—	0,2	12,3	20,4	210,8	24,6	303,0
243	—	40	—	1,6	28,3	9,2	79,1	17,9	163,3
244	—	27	—	2,6	32,6	16,3	143,5	21,2	231,6
245	—	24	—	Sp.	14,5	24,9	294,0	30,4	373,1
246	—	16	—	Sp.	16,1	20,4	244,1	23,5	298,8
247	—	15	—	0,5	14,2	21,8	248,9	26,2	339,3
248	—	10	—	Sp.	15,5	18,9	219,9	20,5	231,4
249	—	12	—	0,2	12,2	18,4	217,0	22,9	275,0
250	—	16	—	Sp.	16,7	19,5	197,5	24,0	266,6
251	—	13	—	2,1	26,9	18,4	208,0	22,5	276,9
252	—	17	—	1,0	19,7	13,7	134,6	17,3	184,5
253	—	2	30	9,8	32,7	12,0	109,6	17,4	164,1
254	—	27	—	Sp.	10,9	16,8	159,9	21,1	213,0
255	—	22	—	0,4	30,5	9,3	90,8	15,7	134,9
256	—	17	—	1,5	31,2	18,1	185,9	24,0	255,1
257	—	8	—	0,2	14,0	17,3	230,8	24,5	274,0
258	—	12	—	0,2	16,7	18,8	208,1	24,0	259,4
259	—	15	—	0,5	2,0	19,0	204,6	24,3	283,8
260	—	15	—	3,6	19,4	15,1	137,1	17,7	208,5
261	—	4	—	0,7	30,0	16,1	129,4	20,5	208,5
262	—	24	—	0,0	1,8	12,9	137,8	21,8	224,0
263	—	16	—	1,8	22,1	18,1	138,6	21,6	210,5
264	—	18	—	5,2	32,0	12,1	103,8	15,9	157,3
265	—	15	—	Sp.	11,0	19,7	197,3	24,4	273,6
266	65	24	—	3,4	26,6	11,5	97,8	17,2	158,8
267	—	8	—	3,3	24,0	19,4	186,8	21,2	228,5
268	—	12	—	0,1	16,5	20,0	248,3	26,2	305,9
269	—	18	—	1,2	17,9	24,6	271,4	29,9	350,6
270	—	16	—	3,1	18,5	13,3	140,8	18,6	203,0
271	—	20	—	10,7	34,9	8,6	90,1	13,4	126,0
272	—	15	—	0,7	26,9	12,5	107,8	16,7	150,0
273	—	1	15	2,6	25,8	13,5	105,1	16,9	147,3
274	67	24	—	1,1	28,7	14,4	114,9	17,8	171,6
275	—	4	30	1,2	26,9	19,3	157,5	24,2	233,6
276	—	22	—	3,5	28,4	14,1	116,5	19,0	163,5
277	—	22	—	2,2	27,7	14,6	140,3	18,4	195,0

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am Sieb		Normenfestigkeit (1 : 3) nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900	4900	Zug *kg* p. *cm*²	Druck *kg* p. *cm*²	Zug *kg* p. *cm*²	Druck *kg* p. *cm*²
278	—	24	—	4,4	20,1	11,3	110,5	15,4	158,4
279	—	24	—	3,2	28,0	19,1	199,3	21,6	265,0
280	—	22	—	0,5	29,5	10,2	97,5	18,0	145,8
281	71	9	—	0,1	16,7	14,5	137,0	20,1	199,3
282	—	10	—	2,7	25,6	6,1	46,0	12,7	85,6
283	—	20	—	0,9	24,9	17,4	161,0	24,2	226,9
284	—	10	—	3,5	18,4	16,8	161,0	24,9	230,5
285	68	19	—	0,6	16,1	18,0	189,8	24,3	260,3
286	—	22	—	6,0	30,0	15,7	156,8	22,3	202,3
287	—	4	30	4,7	26,8	10,7	96,3	16,7	130,6
288	—	19	—	0,8	16,8	23,4	236,5	32,7	361,5
289	—	15	—	0,7	27,4	14,8	137,9	19,7	181,1
290	—	16	30	0,5	21,0	16,4	147,3	20,5	223,1
291	—	24	—	0,2	16,0	20,1	208,5	28,4	306,3
292	—	18	—	5,0	31,0	17,4	159,8	21,9	210,4
293	—	18	—	1,1	19,0	22,1	194,5	25,8	278,5
294	—	9	30	0,2	10,9	21,1	219,5	25,1	280,4
295	66	22	—	0,9	24,8	15,9	131,0	22,3	195,9
296	—	12	—	0,3	13,1	20,4	139,8	25.1	257,9
297	—	23	—	0,2	21,0	17,0	134,1	24,8	241,4
298	—	20	30	1,7	32,0	13,5	115,9	19,6	161,3
				Jahrgang 1893.					
299	—	16	—	0,8	30,2	17,8	156,3	20,4	217,9
300	—	6	—	0,2	13,7	18,7	186,1	24,1	268,9
301	—	22	—	0,3	16,6	17,9	191,3	28.3	315,9
302	—	16	—	1,8	20,7	24,3	271,5	29,9	331,5
303	—	24	—	2,3	37,4	10,1	82,6	18,1	131,1
304	73	14	30	Sp.	21,1	23,2	207,0	28,9	293,1
305	75	24	—	Sp.	19,4	12,6	102,4	18,2	157.5
306	—	16	—	0,2	13,7	18,4	200,8	26,5	284,8
307	76	18	—	5,6	26,5	16,6	134,9	21,8	177,0
308	—	12	—	3.4	21,8	13,3	131,1	23,9	177,1
309	77	11	—	0,1	12,4	17,6	168,3	22,3	254,9

Lauf. No.	No. der chemisch. Anal.	Bindezeit		Mahlungsfeinheit Rückstand am		Normenfestigkeit (1 : 3)			
						nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Stunden	Minuten	900 Sieb	4900 Sieb	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2	Zug *kg* p. cm^2	Druck *kg* p. cm^2
310	—	9	—	0,6	21,1	17,7	181,0	21,3	236,8
311	—	28	—	0,2	9,7	16,1	175,4	20,8	277,8
312	—	14	—	0,2	20.4	19,4	158,5	25,2	244,1
313	—	26	—	3,3	32,2	13,8	110,0	18,8	207,8
314	—	6	—	0,4	22,7	14,1	115,5	22,3	216,5
315	—	14	—	0,1	15,5	26,1	324,8	27,9	398,1
316	79	15	—	2,1	21,1	13,3	151,1	19,8	202,0
317	—	—	30	1,2	9,0	13,9	119,4	18,9	165,6
318	—	18	—	7,5	34,0	14,3	133,5	19,7	194,0
319	—	12	—	13,0	32,0	6,4	79,3	11,7	118,1
320	—	16	—	7,4	34,3	14,9	128,5	18,2	174,8
321	—	1	—	10,3	31,1	14,6	120,4	21,1	186,4
322	—	8	—	1,1	26,0	22,0	174,5	22,4	217,4
323	—	4	—	0,7	16,0	16,7	134,6	24,0	193,0
324	—	1	30	1,0	14,8	17,1	149,6	23,9	208,1
325	—	12	—	9,2	37,7	9,3	104,8	14,0	134,8
326	—	10	—	2,7	31,1	18,2	136,5	21,2	190,3
327	—	10	—	3,7	28,5	11,7	157,0	15,4	200,4
328	—	16	—	1,4	19,9	17,3	183,6	24,2	281,1
329	—	8	—	Sp.	12,2	16,8	178,5	22,8	268,9
330	—	4	—	0,8	21,4	11,9	102,0	15,7	146,8
331	—	15	—	0,5	21,4	20,7	168,1	26,5	231,4
332	—	—	45	2,7	13,7	18,4	166,0	23,7	257,0
333	—	12	—	1,1	18,3	23,4	212,5	30,1	289,4
334	—	18	—	1,0	13,4	13,7	114,4	17,9	158,9
335	—	18	—	2,8	21,2	20,1	192,6	28,1	294,1
336	—	12	—	0,2	9,4	22,9	179,4	29,9	243,6
337	—	15	—	Sp.	26,0	19,2	167,3	27,7	234,0
338	—	12	—	2,7	25,0	22,7	196,6	27,2	258,0
339	—	20	—	0,9	21,9	12,9	103,8	19,4	140,3
340	—	12	—	4,0	20,1	23,6	220,3	28,8	295,8
341	—	12	—	0,1	21,0	18,7	154,0	24,5	252,9
342	—	18	—	Sp.	5,1	12,3	111,8	23,3	198,1
343	87	12	—	0,1	9,6	23,0	250,8	28,4	291,4

7. Untersuchung der Nacherhärtungsverhältnisse hydraulischer Bindemittel.

Vorliegende Untersuchung bezweckt die Feststellung der Kraftentfaltung hydraul. Bindemittel in verschiedenen Phasen der Erhärtung, Zu diesem Zwecke wurden zu verschiedenen Zeiten im eidg. Festigkeitsinstitute eingelaufene Bindemittel zunächst normengemäss allgemein untersucht, zu Probekörpern der Sandfestigkeit 1 : 3 verarbeitet und in der Regel nach 7- und 28-tägiger Wasserlagerung den üblichen Zug- und Druckproben unterworfen. Je nach Menge des vorhandenen Materials und dem speziellen Zwecke der Arbeit wurde das Versuchsmaterial bald in normengemässen Sandmischungen (1 : 3) in weitern 3 bis 4 Altersklassen Wasserlagerung, bald für ausschliessliche Luft- und normengemässe Wasserlagerung — bezw. es wurde das Material pur (1 : 0) und sodann durch Einrütteln auf nicht absaugenden Unterlagen (Wassermenge = Normalkonsistenz — 1 %) oder durch Einrammen der in der Konsistenz feuchter Gartenerde, oder auch mit vermehrter Wassermenge verarbeitet, und ähnlich den Sandproben nach der vorschriftsmässigen Luftlagerung (bei Cementen 24 Standen, bei hydraul. Kalken 3×24 Stunden in feuchtgehaltenem Schranke) unter Wasser gesetzt oder gänzlich an der Luft belassen worden. Ausnahmsweise hatten die Probekörper eine andere Behandlungsweise erfahren, die in den folgenden Zusammenstellungen besonders hervorgehoben erscheint.

In den folgenden tabellarischen Zusammenstellungen der Versuchsresultate wurden ferner die einzelnen Einläufe mit jedesmaliger Angabe der Herkunft des Materials angeführt. Jeder Einlauf erhielt eine eigene laufende Nummer, so dass in den Tabellen diejenigen Versuchsreihen deutlich gekennzeichnet erschienen, welche ein und demselben Materiale angehören.

Am Schlusse jeder Teilzusammenstellung stehen für die normengemässen Sandmischungen (1 : 3) Wasserlagerung, die Generalmittel, Grösst- und Kleinstwerte der Festigkeitszahlen, sowie die Verhältniszahlen der Generalmittel der einzelnen Altersklassen zu den Ergebnissen der 28-Tagproben. Die Produkte dieser Verhältniszahlen mit den Ergebnissen der massgebenden 28-Tagproben, liefern sonach die Festigkeitswerte der betreffenden Alterklassen; für die Zukunft wird man diese Zahlen benützen können, um an Hand der Erhebungen der Festigkeitswerte des Normenmörtels nach 28-tägiger Erhärtungsfrist *angenähert* diejenigen anderer Altersklassen abzuleiten.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Jahrgang der Probe	No. der chemischen Analyse auf Ste. 140	Spez. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte maschinell lose *kg* p. lit.	Volumengewichte maschinell eingerüttelt *kg* p. lit.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb %	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb %	Abbindeverhältniss Temperatur C°	Abbindeverhältniss Erhärtungs-Beginn St M.	Abbindeverhältniss Bindezeit St. Mi
	Hydraulische Kalke.											
1	Gygi & Gerster, Bärschwyl	1886	24	2,96	6,06	0,97	1,61	18,5	—	14,4	– 15	22 –
2	Coulin & Petitpierre, Convers	1886	—	2,93	7,34	0,96	1,44	16,4	—	18,0	2 30	5 –
3	„ „ „	1886	—	2,76	13,60	0,80	1,21	14,6	—	18,1	5 –	30 –
4	A. Fleiner, Aarau	1888	—	2,94	8,93	0,94	1,55	4,0	—	18,0	5 15	10 –
5	Tröger & Götzger, Wallenstadt	1888	—	2,66	15,20	0,74	1,13	10,3	—	13,5	6 15	24 –
6	Hydraul. Kalk- & Gypsfabrik Bärschwyl	1889	26	2,80	8,84	1,01	1,44	12,0	—	19,5	– 16	78 –
7	Unbekannt	1890	—	2,68	14,39	0,97	1,45	15,0	—	13,5	– 16	35 –
8	R. Fritz, Bings b. Bludenz	1890	—	2,97	5,63	0,99	1,46	7,5	—	13,0	– 3	49 –
9	„ „	1890	—	2,83	10,05	0,82	1,24	7,1	—	13,0	– 4	55 –
10	„ „	1890	—	2,91	6,53	0,94	1,29	6,1	—	13,0	– 4	53 –
11	A. Fleiner, Aarau	1890	—	2,80	10,30	1,98	1,45	11,4	—	13,6	8 25	24 –
12	„ „	1890	—	2,78	10,42	0,96	1,39	11,0	—	13,6	11 –	48 –
13	Kalk- & Cemtf. Beckenried	1890	—	2,69	17,42	0,85	1,27	13,3	—	14,0	– 5	84 –
14	G. Spühler, Reckingen	1890	—	2,63	16,13	0,79	1,26	14,8	—	14,4	5 –	29 –
15	„ „	1891	—	2,62	18,23	0,84	1,21	16,8	—	13,0	2 –	48 –
16	Kalk- & Cemtf. Beckenried	1891	—	2,58	19,82	0,77	1,18	18,0	—	12,5	6 30	96 –

sch- ngs- er- ilt- nis	Wasser- menge %	Art der Erzeugung der Probekörper	Art der Lagerung	Festigkeitsverhältnisse, *kg* pro *cm*²											
				7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Hydraulische Kalke.															
: 3	12,00	Handarb.	Wasserl.	—	—	5,9	—	15,2	62,4	23,4	90,3	26,7	99,5	—	—
: 0	26,00	„	„	4,9	—	10,3	64,8	24,3	155,3	29,6	220,1	29,0	256,1	—	—
: 3	12,00	„	„	5,5	—	11,0	51,5	24,1	99,1	28,8	133,7	32,6	177,6	—	—
„	13,00	„	„	2,4	—	7,6	—	18,4	73,7	25,4	105,1	25,4	123,0	—	—
„	10,75	einger. †)	„	6,7	49,9	11,8	78,0	17,0	100,0	24,4	152,5	27,5	169,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	10,8	64,9	20,6	103,5	25,8	154,8	37,0	204,1	43,2	249,8	—	—
: 0	35,50	eingeg.††)	Wasserl.	7,6	44,6	11,2	70,0	17,5	129,8	24,6	211,3	25,3	254,1	—	—
„	„	„	Luftlag.	8,7	54,6	17,6	99,5	28,6	181,4	31,8	252,4	54,8	291,6	—	—
„	37,50	„	Wasserl.	6,3	36,6	8,8	53,9	14,9	97,3	19,4	169,7	24,9	232,2	—	—
„	„	„	Luftlag.	8,3	46,3	15,8	74,0	25,2	141,3	34,7	217,1	49,7	243,6	—	—
„	39,50	„	Wasserl.	5,7	25,1	8,6	50,8	13,7	89,5	17,4	150,1	21,1	195,5	—	—
„	„	„	Luftlag.	5,9	38,9	12,6	64,7	27,3	130,3	32,0	202,5	41,8	213,5	—	—
: 3	13,00	einger.	Wasserl.	5,8	37,8	12,3	76,6	22,2	176,6	32,7	256,5	31,7	254,9	—	—
„	„	„	Luftlag.	16,6	69,0	27,1	125,1	23,1	125,0	31,2	180,1	42,4	205.9	—	—
: 0	37,00	eingeg.	Wasserl.	3,0	12,8	5,8	37,3	15,1	101,9	20,0	183,4	22,4	208,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	5,5	20,0	9.1	74,3	19,0	111,2	20,6	136,9	31,8	181,1	—	—
: 3	11,50	einger.	Wasserl.	—	11,5	8,5	41,1	13,2	97,9	15,6	124,6	19,6	148,6	23,3	150,0
„	„	„	Luftlag.	3,7	19,9	13,6	62,6	15,5	95,8	16,2	124,0	17,6	132,7	20,9	154,7
: 0	33,00	eingeg.	Wasserl.	3,1	10,3	12,6	61,6	19,8	176,4	23,1	231,0	30,9	255,3	32,4	287,1
„	„	„	Luftlag.	5,3	13,4	16,3	71,1	24,0	153,0	33,4	164,8	40,4	193,8	38,9	225,9
: 3	11,50	einger.	Wasserl. *)	—	—	9,1	52,1	13,8	103,9	15,8	125,6	17,7	128,9	19,4	157,9
„	„	„	„ **)	—	—	—	—	12,2	91,0	13,9	120,0	16,8	126,5	19,4	146,3
„	12,50	„	Wasserl.	1,5	13,9	5,9	28,9	10,7	56,4	16,2	85,3	17,1	97,8	20,0	109,8
„	13,00	„	„	4,6	36,1	10,9	69,5	19,9	124,9	25,6	171,8	25,4	191,9	28,8	205,9
„	„	„	„	5,2	38,8	11,1	75,5	19,9	105,0	23,4	150,4	22,8	155,1	21,4	166,3
„	13,50	„	„	2,4	19,5	7,5	55,8	17,1	109,3	23,5	153,1	25,8	173,0	27,5	210,1
„	11,50	„	„	2,3	18,5	5,7	33,8	11,4	53,0	17,5	82,1	19,8	100,9	18,9	121,0
„	11,25	„	„	2,3	18,1	5,3	31,9	11,0	58,4	17,3	90,8	21,8	106,4	18,9	126,9
„	13,25	„	„	2,8	15,4	7,2	34,4	11,6	65,8	14,7	82,5	18,2	88,3	—	—
„	12,75	„	„	5,0	34,2	9,3	58,0	18,0	91,1	23,4	125,4	24,3	152,7	24,2	176,5
„	13,00	„	„	3,1	22,4	5,9	46,4	14,7	77,4	—	—	20,2	131,4	24,3	146,4
„	„	„	Luftlag.	8,7	35,1	13,3	64,0	16,1	83,8	—	—	18,9	114,3	22,7	141,0
„	12,75	„	Wasserl.	—	13,9	4,1	27,7	9,4	56,4	—	—	15,0	78,1	—	—
„	„	„	Luftlag.	5,9	35,5	8,4	37,1	10,6	52,0	—	—	14,3	86,1	—	—

†) einger. = eingerammt. ††) eingeg. = eingegossen. *) Nach 14-tägiger Lufterhärtung. **) Nach 28-tägiger Lufterhärtung.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Jahrgang der Probe	No. der chemischen Analyse auf Ste. 140	Spez. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte maschinell lose *kg* p. lit.	Volumengewichte maschinell eingerüttelt *kg* p. lit.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb %	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb %	Abbindeverhältni Temperatur C°	Abbindeverhältni Erhärtungs Beginn St. M.	Bin ze St.
17	Jaquet & Maulini, Vouvry	1891	—	2,80	9,81	0,86	0,97	20,5	—	16,0	5 –	12c
18	Divol & Nemoz, Vouvry	1891	—	2,75	13,57	0,99	1,41	21,8	—	16,0	6 –	12c
19	A. Fleiner, Aarau	1891	—	2,73	12,42	1,00	1,41	17,0	—	17,0	10 –	28
20	Karl Hürlimann, Brunnen	1892	—	2,73	11,49	0,88	1,23	14,4	—	16,0	– 30	4c
21	Bergw. & Cemtf., Käpfnach	1892	—	2,71	12,94	0,97	1,22	4,15	—	15,6	2 30	7
22	L. Du Pasquier & Co., Grandchamp	1892	44	2,59	18,18	1,03	1,51	19,9	—	14,0	8 30	144
	Romancemente.											
1	Coulin & Petitpierre, Convers	1886	—	2,94	7,43	1,04	1,59	20,7	38,5	18,2	– 37	3
2	L. Du Pasquier & Co., Grandchamp	1887	—	3,07	5,11	0,96	1,49	19,3	34,5	12,5	– 10	–
3	Meurgey, Porteret & Guingat	1887	—	3,13	3,33	1,20	1,69	8,5	24,4	13,0	– 8	–
4	Delune & Co., Grenoble	1888	—	3,04	5,40	1,06	1,57	7,2	23,4	16,5	– 6	–
5	A. Fleiner, Aarau	1888	—	3,05	4,77	1,00	1,64	2,4	20,4	17,0	– 2½	–

isch-ngs-er-ltnis	Wasser-menge %	Art der Erzeugung der Probekörper	Art der Lagerung	Festigkeitsverhältnisse, *kg* pro *cm²*											
				7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
: 3	12,25	einger.	Wasserl.	—	8,7	3,3	21,8	8,9	54,4	—	—	19,3	128,6	22,8	161,1
„	„	„	Luftlag.	3,0	13,8	6,8	28,0	11,0	44,5	—	—	13,4	71,5	24,2	106,9
„	11,25	„	Wasserl.	—	9,7	3,7	21,1	10,2	41,3	—	—	14,8	79,1	19,5	92,7
„	„	„	Luftlag.	3,9	16,4	8,2	32,6	11,7	45,9	—	—	11,7	58,6	12,9	78,2
„	11,50	„	Wasserl.	4,2	25,1	8,7	40,5	16,2	64,5	20,8	80,9	23,0	85,5	25,1	119,2
„	13,25	„	„	3,5	25,9	6,6	46,8	12,3	67,2	—	—	19,9	105,9	—	—
„	„	„	Luftlag.	4,0	32,8	5,8	53,5	5,4	64,5	—	—	10,9	112,6	—	—
: 0	38,00	Handarb.	Wasserl.	4,4	16,4	9,6	35,3	16,4	60,3	—	—	22,7	140,3	—	—
„	„	„	Luftlag.	5,3	18,8	6,4	49,3	5,6	77,6	—	—	10,1	106,5	—	—
: 3	12,50	einger.	Wasserl.	6,5	45,1	11,3	87,9	17,6	161,6	19,3	208,6	21,4	245,4	—	—
„	12,00	„	„	—	12,9	4,3	24,6	7,2	44,0	11,7	65,6	16,8	85,5	—	—
: 0	30,50	Handarb.	„	2,1	16,9	6,1	31,5	10,8	57,4	17,8	104,0	21,8	160,3	—	—
: 3	**Im Mittel,** Wasserl. . .			**4,0**	**24,1**	**7,5**	**47,5**	**14,1**	**84,5**	**20,5**	**132,1**	**21,3**	**135,7**	**24,6**	**148,8**
	Grösstwert			6,5	49,9	12,3	87,9	22,2	176,6	32,7	256,5	31,7	254,9	28,8	210,1
	Kleinstwert			1,5	8,7	3,3	21,1	7,2	41,3	11,7	65,6	14,8	78,1	18,9	92,7
	Verhältnis zur 28 Tagprobe			**0,53**	**0,51**	**1,00**	**1,00**	**1,88**	**1,78**	**2,73**	**2,79**	**2,84**	**2,86**	**3,27**	**3,14**
				Romancemente-											
: 3	12,00	Handarb.	Wasserl.	5,9	—	12,3	59,6	21,6	92,6	28,9	133,6	29,8	171,4	—	—
: 3	12,50	„	„	4,0	—	6,3	—	14,4	83,7	21,6	114,3	26,1	163,8	—	—
: 3	13,75	„	„	14,6	97,4	19,8	116,9	22,0	157,6	26,9	225,0	31,5	284,2	—	—
: 0	19,00	„	„	22,6	162,1	25,9	194,9	28,3	289,3	34,2	346,9	33,2	418,4	—	—
: 3	11,00	einger.	„	14,2	104,8	16,9	125,0	20,9	131,8	30,1	237,3	29,4	331,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	15,4	117,9	16,2	154,9	18,6	165,9	29,4	227,4	36,3	281,1	—	—
: 0	34,00	eingeg.	Wasserl.	16,2	133,8	17,4	151,0	18,7	203,2	28,5	333,2	33,3	397,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	19,8	155,0	26,4	183,5	43,6	263,1	42,3	258,2	40,3	336,6	—	—
„	23,50	einger.	Wasserl.	19,4	191,5	19,7	242,6	23,9	286,7	27,1	394,9	31,1	413,2	—	—
„	„	„	Luftlag.	22,6	220,1	40,3	279,8	31,9	315,3	50,8	377,0	40,8	410,0	—	—
„	35,00	eingeg.	Wasserl.	15,1	126,0	13,9	143,5	—	—	—	—	—	—	—	—
„	„	„	Luftlag.	18,2	141,5	31,0	171,5	46,8	232,3	43,3	268,4	42,9	335,4	—	—
: 3	11,50	einger.	Wasserl.	14,8	115,6	19,9	180,1	—	—	—	—	—	—	—	—
: 0	36,00	eingeg.	„	19,3	159,8	25,0	228,5	27,6	311,1	27,8	389,8	38,5	412,2	—	—
„	„	„	Luftlag.	21,3	152,6	33,8	233,3	40,6	311,3	50,0	393,4	49,4	405,0	—	—
„	38,00	„	Wasserl.	17,2	139,9	22,3	190,8	26,7	284,0	28,7	388,3	29,1	402,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	17,7	151,3	28,9	224,4	41,9	300,1	46,4	342,4	39,3	387,1	—	—
„	40,00	„	Wasserl.	14,5	124,4	19,3	199,0	25,7	274,9	27,8	377,9	29,6	378,7	—	—
„	„	„	Luftlag.	17,4	149,0	25,6	210,3	42,3	275,4	42,9	347,8	41,5	372,5	—	—

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Jahrgang der Probe	No. der chemischen Analyse auf Ste. 140	Spez. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte maschinell lose *kg* p. lit.	Volumengewichte maschinell eingerüttelt *kg* p. lit.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb %	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb %	Abbindeverhältnis Temperatur C°	Abbindeverhältnis Erhärtungs-Beginn St. M.	Abbindeverhältnis Bind zei St. M
6	Delune & Co., Grenoble	1888	—	3,02	6,00	0,99	1,50	11,8	23,0	19,0	– 3/4	–
7	Unbekannt	1889	—	3,06	4,81	1,12	1,62	12,4	32,0	16,5	– 4	– 1
8	Tröger & Götzger, Wallenstadt	1889	—	2,96	6,80	0,88	1,38	3,9	16,6	15,5	– 8	– 1
9	Delune & Co., Grenoble	1889	—	3,05	5,02	1,09	1,69	12,4	30,2	15,7	– 3	–
10	E. Schwenk, Ulm	1891	—	3,00	4,39	0,97	1,47	2,3	22,0	13,2	– 1	–
11	Redlich, Ohrenstein & Spitzer, Beocsin	1891	—	2,89	10,16	0,70	1,05	8,2	23,4	17,7	– 45	3 2
12	J. Trolliet-Pochet, Chazey-Bons	1892	—	2,89	6,93	1,23	1,74	2,7	15,9	16,0	– 13	4 3

*) Bezieht sich auf die eingerammten Proben.

sch- gs- er- tnis	Wasser- menge %	Art der Erzeugung der Probekörper	Art der Lagerung	Festigkeitsverhältnisse, *kg* pro *cm²*											
				7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
: 3	11,25	einger.	Wasserl,	13,8	138,1	18,3	177,8	—	—	—	—	—	—	—	—
: o	37,00	eingeg.	„	12,4	157,5	16,3	185,4	13,9	282,5	27,3	425,5	27,9	450,0	—	—
„	„	„	Luftlag.	20,8	165,6	36,0	231,9	42,0	290,5	45,3	389,5	30,6	369,3	—	—
„	39,00	„	Wasserl.	13,8	131,9	13,8	151,8	13,6	251,8	25,7	405,0	23,7	417,6	—	—
„	„	„	Luftlag.	16,9	149,1	25,9	204,8	37,0	268,5	43,2	352,5	40,5	339,6	—	—
„	41,00	„	Wasserl.	11,4	118,3	14,0	129,5	12,9	222,9	24,0	385,5	19,9	385,9	—	—
„	„	„	Luftlag.	17,4	126,9	27,5	177,0	38,5	247,5	29,8	310,0	35,9	276,7	—	—
„	43,00	„	Wasserl.	11,0	112,6	12,5	123,5	10,8	214,9	24,1	345,1	22,8	373,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	16,4	119,0	25,3	155,7	36,3	236,8	35,6	282,1	37,2	265,2	—	—
„	45,00	„	Wasserl.	11,5	101,1	12,1	115,4	12,0	204,4	20,7	343,8	23,6	367,3	—	—
„	„	„	Luftlag.	15,9	113,8	23,5	119,8	33,3	226,4	27,1	243,1	19,1	239,8	—	—
: 3	11,00	einger.	Wasserl.	13,6	100,9	18,0	130,1	—	—	—	—	—	—	—	—
: o	22,50	„	„	23,6	243,9	23,5	283,0	25,6	331,8	31,4	457,4	33,9	553,1	—	—
„	„	„	Luftlag.	24,2	279,6	35,5	316,3	56,9	392,0	54,6	437,8	47,5	469,4	—	—
„	24,50	„	Wasserl.	23,1	172,3	22,4	224,2	24,6	313,0	24,6	401,8	30,5	463,3	—	—
„	„	„	Luftlag.	21,1	213,5	50,4	270,4	55,5	338,3	42,0	399,6	36,0	443,9	—	—
„	26,50	„	Wasserl.	18,5	187,9	19,7	243,3	20,5	291,3	26,1	402,8	37,2	462,8	—	—
„	„	„	Luftlag.	21,0	194,3	37,1	235,4	53,6	329,4	45,5	341,0	39,6	354,3	—	—
„	28,50	„	Wasserl.	18,5	163,6	19,9	220,9	19,6	269,3	—	—	—	—	—	—
„	„	„	Luftlag.	23,2	165,8	25,3	230,0	54,3	278,8	—	—	—	—	—	—
: o	32,00	„	Wasserl.	17,7	135,8	18,3	196,8	33,5	309,8	27,1	463,3	28,0	578,6	—	—
„	„	„	Luftlag.	28,3	145,8	59,1	264,9	48,2	373,4	36,9	414,3	44,7	444,9	—	—
„	34,00	„	Wasserl.	16,1	109,8	18,7	185,8	29,8	339,1	26,4	424,5	31,7	532,6	—	—
„	„	„	Luftlag.	23,4	139,5	45,3	232,3	47,9	336,1	38,8	435,2	47,6	487,8	—	—
„	36,00	„	Wasserl.	15,5	106,8	16,2	167,4	28,7	299,8	25,7	391,8	31,0	416,3	—	—
„	„	„	Luftlag.	23,7	119,6	17,8	214,0	49,4	305,8	33,2	357,1	39,0	429,6	—	—
: 3	10,75	„	Wasserl.	10,1	100,9	10,8	111,5	19,2	123,6	22,5	193,4	28,9	313,0	—	—
: o	30,00	eingeg.	„	15,3	190,1	16,2	230,9	18,3	301,9	32,8	437,8	39,7	552,3	—	—
: 3	13,00	einger.	„	13,3	100,9	16,8	155,1	23,5	213,9	—	—	33,2	335,9	—	—
: 3	13,00	„	„	11,9	78,0	18,0	115,2	25,4	178,4	—	—	29,2	297,3	—	—
: 3	9,75	„	„	10,1	91,1	14,9	136,6	22,8	190,0	25,2	269,4	31,5	304,1	—	—
: 3	**Im Mittel,** Wasserl. . .			**11,9**	**95,3**	**15,5**	**128,7**	**22,4**	**167,5**	**25,9**	**233,4**	**30,4**	**316,3**	—	—
	Grösstwert			14,2	104,8	18,0	155,1	25,4	213,9	30,1	269,4	33,2	335,9	—	—
	Kleinstwert			10,1	78,0	10,8	111,5	19,2	123,6	22,5	193,4	28,9	297,3	—	—
	Verhältnis zur 28. Tagprobe			**0,77**	**0,74**	**1,00**	**1,00**	**1,44**	**1,30**	**1,60**	**1,82**	**1,96**	**2,45**	—	—

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Jahrgang der Probe	No. der chemischen Analyse auf Ste. 140	Spez. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte maschinell lose *kg* p. lit.	Volumengewichte maschinell eingerüttelt *kg* p. lit.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb %	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb %	Abbindeverhältnis Temperatur C°	Abbindeverhältnis Erhärtungs-Beginn St. M.	Abbindeverhältnis Bind zei St. M
	Schlackencemente.											
1	v. Roll'sche Werke, Choindez	1887	—	2,66	7,26	1,05	1,64	0,6	11,0	13,5	1 30	11
2	„ „ „	1887	—	2,67	6,47	1,09	1,61	1,3	13,8	14,5	2 –	11
3	„ „ „	1887	—	2,68	6,38	1,01	1,57	1,7	13,2	19,0	– 55	12
4	„ „ „	1887	—	2,68	7,65	1,00	1,62	0,5	12,4	19,2	1 20	7
5	„ „ „	1887	—	2,72	9,68	1,02	1,60	0,2	11,6	20,0	1 25	4
6	„ „ „	1887	—	2,68	8,15	1,00	1,57	0,4	9,0	19,2	1 25	11
7	„ „ „	1887	—	2,70	8,90	1,00	1,59	0,1	10,6	20,0	1 10	6
8	„ „ „	1887	—	2,70	7,75	1,02	1,64	0,2	10,6	20,0	1 10	7
9	„ „ „	1887	—	2,69	11,37	1,07	1,55	0,5	20,8	17,5	2 –	—
10	Ad. Suess & Co., Witkowitz	1889	—	2,83	5,16	1,07	1,63	0,3	25,1	15,5	– 15	23
11	v. Roll'sche Werke, Choindez	1889	—	2,66	8,26	1,00	1,58	0,0	11,0	16,5	1 –	13
12	Gebr. Erhardt & Lingenbrink, Neunkirchen	1889	—	2,83	5,34	1,11	1,61	1,4	21,1	12,5	4 30	21
13	Soc. Anon. des Ciments de St. Ismier Grenoble	1890	5	2,92	4,97	1,29	1,80	0,6	14,0	16,2	4 –	30

*) Nach vorangegangener 7-tägiger Wassererhärtung.

sch- gs- er- tnis	Wasser- menge %	Art der Erzeugung der Probekörper	Art der Lagerung	Festigkeitsverhältnisse, *kg* pro cm^2											
				7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
				Schlackencemente.											
: 3	10,00	Handarb.	Wasserl.	16,6	83,2	29,3	194,4	39,0	315,8	44,5	317,8	44,2	328,6	—	—
„	„	„	„	12,6	85,7	27,6	210,7	33,1	305,7	38,4	403,1	41,2	389,3	—	—
„	10,50	einger.	„	10,2	89,9	23,9	245,4	33,5	326,1	—	—	40,0	368,3	41,5	387,0
„	„	„	„	12,5	122,9	24,1	254,6	31,8	342,0	—	—	41,2	379,1	40,8	402,0
„	„	„	„	17,8	130,1	29,0	272,5	36,8	375,2	—	—	39,7	383,7	40,1	418,9
„	„	„	„	13,4	96,4	21,5	270,4	35,5	367,5	—	—	42,6	398,5	44,5	419,3
„	„	„	„	17,1	111,8	27,6	225,0	34,5	330,5	—	—	39,6	342,9	42,9	378,6
„	„	„	„	13,9	107,3	29,4	238,8	38,8	376,4	—	—	46,5	406,1	42,7	416,9
: 0	33,00	Handarb.	Wasserl.	22,3	196,3	26,3	312,4	31,2	410,0	28,7	483,7	34,9	503,8	—	—
„	„	eingeg.	Luftlag.	18,7	204,4	22,6	292,0	28,8	355,7	—	386,2	28,6	385,3	—	—
„	35,00	„	Wasserl.	17,7	182,1	22,9	321,4	26,7	401,5	28,3	473,0	31,6	526,0	—	—
„	„	„	Luftlag.	13,7	188,0	24,4	297,4	26,7	368,1	29,0	414,5	26,4	417,1	—	—
: 3	10,25	einger.	Wasserl.	8,7	53,0	22,7	160,9	24,4	231,1	27,0	253,4	34,5	288,3	—	—
: 0	36,50	eingeg.	„	9,5	52,1	23,9	258,1	18,9	320,8	18,6	357,6	22,4	406,6	—	—
„	„	„	Luftlag.	—	—	22,0	307,3	38,0	361,1	34,5	404,0	—	—	—	—
: 3	10,25	einger.	„ *)	—	—	27,1	214,6	31,2	277,6	38,2	347,3	56,1	356,5	—	—
: 0	27,00	eingeg.	Wasserl.	22,5	209,0	23,0	300,3	26,3	517,9	27,2	739,8	30,8	630,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	17,1	208,1	21,3	261,5	24,7	356,4	38,4	357,4	31,3	426,0	—	—
„	29,00	„	Wasserl.	15,4	141,4	23,3	244,2	22,5	505,1	23,4	619,4	29,2	682,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	14,5	127,4	20,0	234,4	22,8	314,8	24,7	372,6	27,9	354,6	—	—
„	31,00	„	Wasserl.	11,3	129,4	18,5	256,8	20,0	478,3	21,5	660,1	24,8	630,1	—	—
„	„	„	Luftlag.	11,2	115,1	12,5	194,5	12,9	250,8	13,0	302,0	25,7	262,8	—	—
„	33,00	„	Wasserl.	23,6	162,8	27,7	305,4	27,1	534,7	25,8	577,5	31,0	561,2	—	—
„	„	„	Luftlag.	15,2	162,9	27,6	278,0	21,5	355,3	31,7	362,5	30,5	369,0	—	—
„	35,00	„	Wasserl.	20,3	215,6	23,0	345,6	23,1	477,8	24,7	566,3	27,4	561,2	—	—
„	„	„	Luftlag.	21,1	185,1	20,0	326,1	23,8	319,0	23,4	337,4	28,6	338,4	—	—
: 3	10,00	einger.	Wasserl.	17,3	147,4	29,1	208,1	30,7	267,5	31,8	291,6	33,7	313,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	17,3	149,1	26,2	222,6	35,5	285,4	33,3	297,0	44,3	349,8	—	—
„	„	„	„ *)	—	—	29,3	264,1	41,7	320,5	46,8	326,8	57,0	364,5	—	—
„	9,50	„	Wasserl.	12,5	84,6	22,8	151,9	26,0	196,1	35,5	239,5	31,9	248,5	—	—
: 0	18,50	Handarb.	„	30,5	313,6	38,9	474,5	36,5	506,2	45,3	596,9	43,1	666,4	—	—

Lauf. No.	Herknnft des Materials	Jahrgang der Probe	No. der chemischen Analyse auf Ste. 140	Spez. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte maschinell lose *kg*	Volumengewichte maschinell eingerüttelt p. lit.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb %	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb %	Abbindeverhältni Temperatur C°	Erhärtungs-Beginn St. M.	Bin ze St.
14	Cementwerke Braunschweig	1891	—	2,91	4,73	1,10	1,53	1,1	19,0	10,5	– 10	13
15	v. Roll'sche Werke, Choindez	1891	—	2,61	8,72	1,06	1,62	0,8	13,6	13,4	1 08	24

Portlandcemente.

1	Dyckerhoff, Söhne, Amöneburg	1883	—	3,14	—	1,26	1,93	1,1	12,6	13,8	– 50	7
2	Stuttg. P.-C.-F. Blaubeuren	1885	—	3,09	0,95	1,26	2,03	8,5	37,3	18,0	3 15	12
3	Kalk- & C.-Fab. Beckenried	1885	—	3,00	2,80	1,22	1,95	6,0	27,9	14,5	1 45	7
4	J. Priebsch, Judendorf	1886	33	3,05	3,07	1,23	1,89	8,7	30,3	14,8	3 30	8
5	Chr. Lothary's Wwe & Co. Weisenau	1887	—	3,06	3,88	1,27	1,88	1,0	18,3	14,0	8 30	18
6	Rob. Vigier, Luterbach	1887	—	3,02	4,03	1,29	2,04	4,6	27,8	20,5	5 30	11
7		1887	—	3,03	4,26	1,30	2,01	4,3	32,5	21,5	5 –	12
8	Zurlinden & Co., Aarau	1887	—	3,08	1,94	1,35	2,06	0,7	23,5	18,5	8 30	16
9	Portlandcemt.-Fab. Laufen	1887	—	3,09	1,34	1,30	2,07	3,2	22,3	17,5	8 30	17
10	A. Fleiner, Aarau	1887	—	3,00	6,09	1,12	1,77	4,0	26,0	17,0	5 30	12
11	„ „	1888	—	3,09	2,98	1,32	2,07	2,2	22,8	13,8	2 15	10

*) Bezieht sich auf die eingerammten Proben. **) Nach vorangegangener 7-tägiger Wassererhärtung.

isch-ngs-er-ltnis	Wasser-menge %	Art der Erzeugung der Probekörper	Art der Lagerung	Festigkeitsverhältnisse, *kg* pro *cm*²											
				7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
: 3	13	einger.	Wasserl.	13,6	104,8	21,6	198,0	28,5	272,4	34,4	331,6	32,2	362,9	—	—
„	„	„	Luftlag.	16,2	128,2	22,2	173,4	26,4	237,4	32,9	259,5	33,6	253,1	—	—
„	„	„	„ **)	—	—	27,9	229,0	28,8	274,2	44,0	328,6	41,6	349,6	—	—
„	10	„	Wasserl.	12,7	105,0	18,3	168,2	22,4	237,1	29,3	288,9	27,6	318,4	—	—
: 0	40	eingeg.	„	14,0	109,4	22,8	259,6	—	—	26,9	482,5	—	—	—	—
„	„	„	Luftlag.	14,7	132,5	23,9	213,1	—	—	32,2	241,6	—	—	—	—
„	„	„	„ **)	22,8	261,2	—	—	—	—	35,8	293,1	—	—	—	—
: 3	10,50	einger.	Wasserl.	16,0	131,4	23,6	225,2	30,4	276,9	—	—	35,2	371,5	—	—
: 3	**Im Mittel.** *)		Wasserlag.	**13,8**	**107,0**	**24,5**	**218,3**	**31,1**	**299,9**	**31,6**	**281,0**	**37,1**	**348,5**	**42,1**	**403,8**
	Grösstwert			17,8	147,4	29,4	272,5	38,8	376,4	35,5	331,6	46,5	406,1	44,5	419,3
	Kleinstwert			8,7	53,0	18,3	151,9	22,4	196,1	27,0	253,4	27,6	248,5	40,1	378,6
	Verhältnis zur 28. Tagprobe			0,56	0,49	1,00	1,00	1,27	1,37	1,29	1,27	1,52	1,59	1,72	1,84

Portlandcemente.

: 3	87,2	einger.	Wasserl.	23,5	197,9	31,2	310,2	35,2	359,5	40,7	419,0	42,2	452,2	—	—
: 0	17,0	„	„	52,0	196,0	55,7	296,0	65,9	342,5	64,2	418,0	54,5	439,5	—	—
: 3	10,50	Handarb.	„	22,4	133,8	27,3	179,5	37,6	253,5	41,8	287,2	37,1	299,4	—	—
„	„	einger.	„	9,8	72,9	16,0	85,4	22,4	97,9	24,0	136,2	34,6	174,2	—	—
„	10,0	Handarb.	„	26,8	144,9	34,0	233,9	39,8	289,3	39,4	335,4	41,0	368,0	—	—
„	„	„	„	17,8	109,7	25,5	165,3	30,8	227,1	39,5	276,0	41,8	306,1	—	—
„	10,50	einger.	Luftlag.	14,1	137,8	17,6	141,7	20,3	150,5	—	—	36,3	257,8	31,5	323,4
„	„	„	„	—	—	21,6	144,8	—	—	—	—	40,2	262,0	33,2	336,9
„	10,75	„	Wasserl.	24,1	169,4	29,0	230,6	35,1	281,6	43,5	326,6	43,1	389,3	—	—
„	„	„	„	16,5	105,6	25,0	188,2	31,4	266,8	37,3	324,8	—	344,4	—	—
„	„	„	„	23,1	129,6	28,6	201,0	36,0	231,7	40,9	316,6	44,9	374,5	—	—
„	10,25	„	„	21,8	160,3	26,7	235,0	30,0	296,1	32,1	348,1	36,7	350,5	—	—
„	„	„	Luftlag.	23,5	165,5	29,4	225,4	33,3	251,3	36,6	292,9	35,2	334,0	—	—
: 0	26,0	eingeg.	Wasserl.	45,0	423,5	60,0	616,3	55,3	722,4	61,5	885,7	61,2	971,4	—	—
„	„	„	Luftlag.	26,6	305,5	39,6	455,1	42,0	465,3	35,8	529,6	48,5	581,6	—	—
„	18,0	einger.	Wasserl.	60,0	277,8	62,4	337,8	62,3	620,4	57,1	677,5	64,0	749,1	—	—
„	„	„	Luftlag.	44,3	406,1	41,3	331,5	47,3	483,7	44,4	542,9	50,3	576,5	—	—

Lauf. No.	Herknnft des Materials	Jahrgang der Probe	No. der chemischen Analyse auf Ste.140	Spez. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte maschinell lose *kg* p. lit.	Volumengewichte maschinell eingerüttelt *kg* p. lit.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb %	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb %	Abbindeverhältni Temperatur C°	Abbindeverhältni Erhärtungs-Beginn St. M.	Abbindeverhältni Bin ze St.
12	Stuttg. P.-C.-F. Blaubeuren	1888	—	3,09	2,72	1,23	2,02	6,8	26,0	13,0	5 –	13
13	Soc. Anon. Fabbr. di Calce e Cem., Casale-Monfto.	1888	—	3,12	0,85	1,37	2,11	0,5	34,0	16,5	9 45	27
14	R. Vigier, Luterbach	1888	—	3,02	3,90	1,24	1,94	1,0	28,6	17,0	4 30	15
15	A. Fleiner, Aarau	1888	—	3,08	3,15	1,33	2,09	3,3	31,7	18,0	4 30	11
16	Zurlinden & Co., Aarau	1888	—	—	—	1,26	1,94	0,6	27,0	20,0	3 40	17
17	Portlandcementf. Laufen	1888	—	3,09	1,34	1,30	2,07	3,2	22,3	17,5	8 30	17
18	„ Rozloch	1889	40	3,04	6,06	1,34	1,99	6,3	37,0	17,5	4 –	13
19	Stuttg. P.-C.-F. Blaubeuren	1889	—	3,12	1,48	1,26	2,01	0,8	27,5	18,6	5 –	22
20	Charl. Genaud fils, Vevey	1889	—	2,99	4,52	1,29	1,91	2,7	29,0	13,9	4 30	27
21	Cement-Fabrik Ripany	1890	42	3,12	3,03	1,35	1,94	9,4	37,4	16,5	3 10	20
22	Soc. Anon. Fabbr. di Calce e Cem., Casale-Monfto.	1890	—	3,12	1,43	1,29	1,92	4,5	18,2	12,6	5 –	19
23	E. Schwenk, Ulm	1891	—	3,15	1,44	1,40	2,11	6,0	33,6	13,4	3 –	10
24	Portlandcementf. Laufen	1891	—	3,07	2,76	1,25	1,88	1,9	12,8	12,4	8 15	20
25	Kalk- & Cemtw. Szczakowa	1891	—	3,13	2,31	1,34	1,92	0,5	21,5	15,5	– 35	8
26	Redlich, Ohrenstein & Spitzer, Beoscin	1891	—	3,06	3,34	1,21	1,77	1,6	24,5	18,8	3 –	18
27	Portlandcementf. Perlmoos	1891	—	3,02	2,15	1,21	1,74	4,4	27,0	14,6	1 40	16
28	Dalstein & Co., Vallorbes	1892	64	3,09	1,27	1,30	1,96	Spuren	26,8	14,2	8 –	18
29	L. Du Pasquier & Co., Gandchamp	1892	65	3,08	2,64	1,34	1,98	3,4	26,6	18,0	6 –	24
30	Unbekannt	1892	—	2,97	5,27	1,24	1,81	3,1	18,5	20,8	5 –	16

isch-ngs-ver-iltnis	Wasser-menge %	Art der Erzeugung der Probekörper	Art der Lagerung	Festigkeitsverhältnisse, *kg* pro cm^2											
				7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
: : 3	10,50	einger.	Wasserl.	21,1	170,1	29,8	225,6	31,4	263,4	35,9	325,5	39,2	342,1	—	—
„	„	„	Luftlag.	22,9	161,5	29,4	230,8	30,8	265,0	42,4	317,3	51,2	376,0	—	—
: : 0	28,50	eingeg.	Wasserl.	41,3	247,0	47,5	329,1	46,0	384,7	53,0	521,4	55,7	538,8	—	—
„	—	„	Luftlag.	26,2	255,1	38,3	316,8	50,8	378,5	53,6	455,1	58,4	511,2	—	—
„	19,0	einger.	Wasserl.	51,3	172,5	56,1	193,1	57,3	226,5	63,5	612,3	65,9	634,7	—	—
„	—	„	Luftlag.	33,7	207,6	48,0	318,4	58,6	282,6	50,1	546,9	43,7	580,6	—	—
: 3	11,0	„	Wasserl.	17,0	105,3	24,5	214,3	30,0	267,8	33,2	361,1	33,8	385,9	—	—
„	10,0	„	„	11,3	76,0	17,5	121,3	25,1	156,5	29,3	221,5	28,0	254,3	—	—
„	„	„	Luftlag.	14,0	82,8	21,9	153,1	28,5	181,8	46,8	214,3	44,3	383,1	—	—
„	„	„	Wasserl.	19,1	172,1	27,3	219,2	—	—	—	—	—	—	—	—
: 0	25,0	eingeg.	„	46,6	415,8	54,7	590,8	62,7	635,7	61,6	814,2	57,0	934,7	—	—
„	„	„	Luftlag.	29,1	370,4	48,0	467,4	43,1	535,7	68,1	657,1	62,7	613,3	—	—
„	27,0	„	Wasserl.	32,7	313,3	48,5	459,2	51,0	584,7	57,6	695,9	47,3	734,7	—	—
„	„	„	Luftlag.	33,5	400,5	42,4	465,3	50,6	529,6	62,2	603,0	48,3	589,8	—	—
„	29,0	„	Wasserl.	28,3	251,5	39,9	386,2	47,3	540,8	48,8	598,0	47,1	676,1	—	—
„	„	„	Luftlag.	28,5	316,3	29.6	439,8	40,3	485,7	47,1	515,3	54,3	472,5	—	—
: 3	10,0	einger.	Wasserl.	19,2	166,5	24,1	255,3	27,8	301,6	31,2	334,4	30,2	325,4	35,9	390,6
„	„	„	Luftlag.	24,7	174,8	33,6	269,0	32,2	269,9	42,2	344,5	39,6	364,3	44,1	385,4
„	10,75	„	Wasserl.	16,5	105,6	25,0	188,2	31,4	266,8	37,3	324,8	—	344,4	—	—
„	9,50	„	„	17,1	127,0	23,3	187,0	24,9	235,4	27,5	266,0	34,4	318,3	—	—
: 0	24,0	Handarb.	„	29,7	235,9	44,6	391,3	47,0	531,6	51,4	651,9	56,6	687,7	—	—
: 3	10,0	einger.	„	22,2	202,4	23,8	274,4	28,5	300,5	37,0	351,3	33,9	388,0	—	—
: 0	17,0	„	„	54,0	434,1	51,0	524,5	51,2	600,3	64,8	698,4	62,3	821,4	—	—
: 3	9,75	„	„	12,4	102,4	17,5	165,4	24,7	217,9	30,0	272,0	32,5	302,8	—	—
„	10,25	„	„	7,6	46,9	12,2	82,1	22,1	136,3	24,0	170,1	28,4	192,5	—	—
: 0	16	„	„	31,1	248,3	40,5	323,5	40,9	415,9	51,4	510,2	51,6	623,2	—	—
: 3	9,75	„	„	27,8	241,8	32,8	354,9	37,9	398,8	41,1	470,4	42,2	503,0	—	—
„	10,0	„	„	17,8	156,4	19,8	215,3	22,4	257,4	—	—	32,9	358,4	—	—
„	9,75	„	„	13,8	129,5	19,6	195,3	27,9	250,9	35,2	358,3	37,9	393,1	—	—
„	„	„	„	16,8	142,3	25,1	204,5	31,4	289,8	38,2	357,6	37,8	382,1	—	—
„	10,0	„	„	25,3	169,7	33,0	270,1	39,3	321,9	—	—	39,5	404,9	—	—
„	„	„	„	16,8	139,8	25,5	199,0	32,1	257,0	36,8	326,0	37,2	360,9	—	—
„	9,75	„	„	14,2	178,5	17,0	255,9	23,7	339,0	29,2	382,8	29,3	390,1	—	—
„	10,25	„	„	11,5	97,8	17,2	158,8	22,9	200,8	28,7	262,0	28,5	290,8	—	—
: 0	25,50	Handarb.	„	32,3	215,0	38,3	374,0	41,4	438,3	42,6	611,2	42,6	730,1	—	—
: 3	10,0	einger.	„	13,3	140,8	18,6	203,0	24,0	224,0	29,3	265,8	30,1	300,3	—	—

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Jahrgang der Probe	No. der chemischen Analyse auf Ste. 140	Spez. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte maschinell lose *kg* p. lit.	Volumengewichte maschinell eingerüttelt *kg* p. lit.	Mahlungsfeinheit Rückstand am 900 Sieb %	Mahlungsfeinheit Rückstand am 4900 Sieb %	Abbindeverhältnis Temperatur C°	Abbindeverhältnis Erhärtungs-Beginn St. M.	Abbindeverhältnis Bind zei St. M
31	Bergwerk & Cementfabrik Käpfnach	1892	—	3,13	0,46	1,39	1,95	2,7	25,9	15,6	– 7	1
32	L. Du Pasquier & Co., Grandchamp	1892	66	3,05	2,48	1,29	1,98	1,0	24,9	15,6	8 30	22
33	Portlandcementf. Laufen	1893	—	3,11	1,92	1,35	2,01	0,4	16,7	14,7	6 30	22
34	L. Du Pasquier & Co., Grandchamp	1893	76	3,04	2,84	1,33	1,87	5,7	26,5	16,6	4 30	18

8. Ausweis der Zugehörigkeit

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Nummern der tabell. Zusammenstellungen auf Seite 157, 322, 352 u. f.
	Hydraulische Kalke.	
1	Bergwerk und Cementfabrik Käpfnach	4, 15, 67. 127.
2	Cement- u. Kalkfabrik Châtel-St. Denis	140.
3	Cementfabrik Oberehrendingen	176.
4	„ Ripanj, (Serbien)	70.
5	„ Rozloch	25, 141, 161.
6	„ Wallenstadt	13, 60, 77.
7	Coulin & Petitpierre, Convers	2.
8	Dalstein & Co., Vallorbes	143.
9	Divol & Némoz, Vouvry	134, 154.
10	L. Du Pasquier & Co., Grandchamp	132, 172.
11	Albert Fleiner, Aarau	11, 24, 32, 34, 43, 49, 59, 69. 83, 87, 92, 96, 98, 116, 121, 126, 142, 144, 147, 151, 155, 159, 163.

sch-ngs-er-ält-nis	Wasser-menge %	Art der Erzeugung der Probekörper	Art der Lagerung	Festigkeitsverhältnisse, *kg* pro *cm*²											
				7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
: 3	10,0	einger.	Wasserl.	13,5	105,1	16,9	147,3	24,9	209,5	24,0	233,6	29,1	271,1	—	—
„	10,25	„	„	15,9	131,0	22,3	195,9	26,3	256,5	31,8	337,5	35,4	369,8	—	—
: o	28,0	Handarb.	„	28,5	276,3	45,8	415,5	51,9	602,0	44,8	819,9	61,4	984,7	—	—
: 3	10,50	einger.	„	17,9	191,3	28,3	315,9	30,6	390,6	37,2	469,9	40,9	474,5	—	—
„	„	„	„	16,6	134,9	21,8	177,0	27,4	259,1	34,6	305,5	36,3	344,8	—	—
: o	25,0	Handarb.	„	29,8	286,8	37,6	412,8	48,3	577,5	50,1	670,5	51,1	765,8	—	—
: 3	**Im Mittel.** *)		Wasserlag.	17,3	142,7	23,3	209,2	28,8	261,0	33,5	317,9	35,3	362,3	35,9	390,6
	Grösstwert			27,8	241,8	33,0	354,9	39,3	398,8	43,5	470,4	44,9	474,5	35,9	390,6
	Kleinstwert			7,6	46,9	12,2	82,1	21,1	97,9	24,0	136,2	28,0	174,2	35,9	390,6
	Verhältnis zur 28. Tagprobe			0,74	0,68	1,00	1,00	1,23	1,25	1,44	1,52	1,51	1,73	1,54	1,87

der Versuchsresultate.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Nummern der tabell. Zusammenstellungen auf Seite 157, 322, 352 u. f.
12	Fritz, Robert, Bings-Bludenz	42, 47, 63, 64.
13	Hürlimann, Karl, Brunnen	18, 21, 22, 23, 26, 40, 51, 56, 57, 91, 99, 100, 105, 123, 131, 146, 167.
14	F. Jaquet & Co., Vouvry	150, 153.
15	Jaquet & Maulini, Vouvry	94.
16	E. Imhof & Co., Soyhières	80, 88.
17	Kalk- und Cementfabrik Beckenried	58, 61, 68, 71, 72, 73, 75, 78, 82, 85, 90, 104, 109, 115, 117, 119, 120, 124, 125, 130, 133, 135, 136, 138, 139, 148, 152, 157, 158, 162, 164, 169, 174, 175.
18	Kalk- & Cementfabrik Niederwyl	10.
19	Kalk- & Gypsfabrik Bärschwyl	28, 84, 137, 165.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Numern der tabell. Zusammenstellungen auf Seite 157' 322, 352 u. f.
20	Leuba frères, Noiraigue	3. 171.
21	Schwarz, Adolf, Beckenried	17. 35, 38, 39, 44, 45, 46, 48, 74, 95, 97, 101, 102, 103, 111, 112, 128, 129, 166, 170, 173.
22	Sevestre & Co., Beckenried	1, 6, 7, 9, 12, 16, 19, 20, 27, 29, 30, 31, 33, 36, 37, 41, 50, 52, 53, 54, 55.
23	Spühler, G., Reckingen	5, 62, 76, 79, 81, 86, 89, 93, 106, 113, 122, 156, 160.
24	Unbekannt	8. 14, 65, 66, 107, 108, 110, 114, 118, 149, 168.

Romancemente.

1	Bergwerk & Cementfabrik Käpfnach	4. 66.
2	Berthélot, B., Grenoble	63, 67, 72, 76, 78, 85, 87, 90.
3	Cementfabrik Beckenried	40, 51. 64.
4	„ Bergamo	80, 81.
5	„ Blaubeuren	61.
6	„ Convers	6.
7	„ Wallenstadt	18. 28, 30, 32, 42, 49, 86.
8	Delune & Co., Grenoble	22, 24, 27, 34, 36, 38, 39, 41, 44, 46, 47, 48, 50, 54. 56, 59, 60, 62, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 77, 83, 84, 88.
9	L. Du Pasquier & Co., Grandchamp	13, 19.
10	Albert Fleiner, Aarau	1. 2. 7, 11, 17, 23. 37, 43, 57, 79.
11	Guingat & Co., Grenoble	73.
12	Hirter & Werthmüller, Bern	20.
13	Leuba frères, Noiraigue	8, 16.
14	Meurgey Porteret & Guingat, Grenoble	14, 15.
15	Redlich, Ohrenstein & Spitzer, Beocsin	58, 91.
16	Schwarz, Ad., Beckenried	53. 82.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Nummern der tabell. Zusammenstellungen auf Seite 157, 322, 352 u. f.
17	Schwenk, E., Ulm	52.
18	Sevestre & Co., Beckenried	3, 5, 9, 12, 29, 31, 33.
19	Spühler, Gottfried, Reckingen	55.
20	R. Wagner & Co., Stans	89.
21	Zurlinden & Co., Aarau	10, 25, 35.
22	Unbekannt.	21, 26, 45, 65.
	Schlackencemente.	
1	Böcking & Dietzsch, Malstatt	3.
2	Braunschweiger Cementwerke, Braunschweig	40, 42, 57.
3	Cementfabrik Vitry-le-françois	67.
4	Gebr. Erhardt & Lingenbrink, Neunkirchen	20—22, 27—29, 31, 38, 62, 63, 65, 68.
5	v. Roll'sche Eisenwerke, Choindez	1, 2, 4—19, 25, 30, 32—36, 39, 43—45, 47—52, 55, 56, 58, 59, 61, 64, 66.
6	Société anonyme des ciments de St-Ismier, Grenoble	37.
7	Ad. Suess & Co., Witkowitz	23, 24, 26, 41, 46, 53, 54.
8	Unbekannt	60.
	Portlandcemente.	
1	Bergwerk & Cementfabrik Käpfnach	10, 30, 133, 177, 241, 273, 287.
2	Cementfabr. Beckenried	114, 118, 132, 143, 147, 157, 163, 175, 180, 201, 210, 217.
3	„ Blaubeuren	1, 17, 44, 97, 104, 194, 251, 279, 310, 322.
4	„ Brodbeck, Liestal	128.
5	„ Casale-Monferrato	43, 142, 198, 304, 305, 315.
6	„ G. Cerrano & Co., Casale	314.
7	„ Dittingen bei Laufen	309, 329, 335.
8	„ L. Du Pasquier & Co., Grandchamp	42, 234, 266, 295, 307.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Nummern der tabell. Zusammenstellungen auf Seite 157, 322, 352 u. f.
9	Cementfabr. Dykerhoff & Söhne, Amöne-	28, 73, 127, 221.
10	„ Eichwald, Essen [burg	342.
11	„ Feer & Flatt, Müllheim	311.
12	„ Albert Fleiner, Aarau	2, 24, 39, 45, 47, 52, 81, 85, 91, 101, 115, 121.
13	„ Heidelberg	110, 197, 260, 308, 340.
14	„ Hemmoor	176, 288.
15	„ Dr. Hoffmann, Oos	252.
16	„ Hofmann & Co., Kirchdorf	103, 109.
17	„ Kronsberg Misburg	244.
18	„ Karlstadt	18, 19, 74.
19	„ Labatlan	152.
20	„ Lafarge Viviers	262.
21	„ Laufen, Kt. Bern	38, 48, 60, 66, 76, 80, 82, 92, 108, 155, 158, 173, 186, 192, 220, 226, 239, 245, 269, 301.
22	„ Lauffen, Würtemberg	154, 206.
23	„ Leuba frères, Noiraigue	15, 51, 78, 84, 319, 325.
24	„ Mannheim	25, 29, 135, 172, 195, 222, 248.
25	„ Neustadt, Westpreussen	297, 298.
26	„ Perlmoos	137, 202.
27	„ Porta, Bremen	203, 218.
28	„ J. Priebsch, Judendorf	3.
29	„ Ripany	122.
30	„ W. Roszberg, Beocsin	151.
31	„ Rozloch	7, 32, 46, 79, 88, 95, 126, 131, 134, 136, 144, 149, 159, 181, 188, 190, 208, 211, 216, 225, 235, 255, 264, 272, 274, 277, 289, 326, 330.
32	„ Scheibmühle	169.
33	„ E. Schwenk, Ulm	153.
34	„ Gebr. Spohn, Blaubeuren	299.
35	„ Stern, Stettin	261.
36	„ St. Sulpice	22, 55, 106, 107, 231, 327, 334.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Nummern der tabell. Zusammenstellungen auf Seite 157, 322, 352 u. f.
37	Cementfabr. Szczakowa	168.
38	„ Tlumatschau	124, 125.
39	„ Rob. Vigier, Luterbach	5, 8, 23, 31, 34, 35, 40, 49, 54, 56, 59, 64, 98, 100, 105, 117, 119, 129, 130, 138, 161, 162, 164, 174, 178, 184, 213, 224, 229, 232, 240, 250, 259, 267, 281, 290, 296, 306, 313, 318, 328, 343.
40	„ R. Wagner & Co., Stans	254, 280, 303, 336, 339.
41	„ Wallenstadt	50, 83, 113, 321, 332.
42	„ Westfalia, Beckum	324.
43	„ Weisenau	26.
44	„ Zurlinden & Co., Aarau	4, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 20, 21, 27, 33, 36, 37, 53, 57, 58, 62, 63, 65, 67, 69, 70, 72, 75, 77, 86, 89, 96, 99, 102, 120, 123, 141, 150, 165, 171, 182, 183, 193, 228, 242, 247, 249, 258, 265, 284, 300, 302, 312, 316, 323, 331, 333, 338, 341.
45	Charles Genand & Co., Vevey	112.
46	Redlich, Ohrenstein & Spitzer, Beocsin	139, 140, 179.
47	Unbekannt	**41**, **61**, 68, **71**, **87**, **90**, 93, 94, 111, 116, **145**, **146**, **148**, **156**, **160**, **166**, **167**, **170**, 185, **187**, 189, **191**, **196**, **199**, **200**, **204**, **205**, **207**, **209**, **212**, **214**, **215**, **219**, **223**, **227**, **230**, **233**, 236, **237**, **238**, **243**, **246**, 253, **256**, **257**, **263**, 268, 270, 271, **275**, **276**, 278, 282, **283**, 285, **286**, **292**, **293**, **294**, **317**, **320**, **337**.

9. Anhang.

Die beiliegende Karte der Fundorte von Rohmaterialien für die Kalk-, Cement- und Gypsfabrikation kann naturgemäss nur eine schematische Übersicht geben. Sie deutet die örtliche Lage und die beiläufige Ausdehnung der bekannten, sowie einiger bekannten uns noch nicht ausgebeuteten Thonlager, die Lage der vorherrschend thonigen und vorherrschend kalkigen Gesteinszonen an und ergänzt und illustriert die Auseinandersetzungen meines verehrten Freundes und Kollegen, des Hrn. Prof. Dr. *A. Heim* über die Entstehung der Thongesteine mit besonderer Rücksicht auf die schweizerischen Verhältnisse; vergl. Seite 9 u. f. des vorliegenden Heftes.

Bezüglich der Karte sagt *Heim* folgendes:

»Selbst ein grosser Massstab vermochte oft nicht in der richtigen Proportion die einzelnen, räumlich oft sehr untergeordneten Cementsteinlager zwischen dem umgebenden Gesteine darzustellen. In den kalkigen Bildungen gibt es thonige Einlagerungen, welche den Charakter von Cementsteinen annehmen, in den thonigen sind es die kalkreicheren, welche ganz gleich werden können. Aber auch mitten in den vorherrschend sandigen Complexen wie z. B. in der Molasse oder mitten in den krystallinen Silikatgesteinen treten Cementmergel oder Kaoline als untergeordnete Einlagerungen auf.

Unsere Karte unterscheidet sich wesentlich von der »Karte von Fundorten der Rohprodukte«, wie sie von den Herren Ing. Jul. Weber und U. Brosi 1883 hergestellt worden ist, indem sie nicht alle Rohprodukte umfasst und nicht blos mit Zeichen eine verwirrende Menge einzelner Fundorte angibt, sondern versucht zu zeigen, wie die Fundorte nicht regellos zufällig verteilt, sondern durch die Gesteinszonen unseres Landes bedingt sind. Die hieraus sich ergebenden Gesichtspunkte sind am ehesten geeignet zu zeigen, in welcher Richtung mit Erfolg neue Fundstellen entdeckt werden können.«

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort 3

I. Rohmaterialen der Industrie hydraul. Bindemittel . 5

1. Einteilung und Benennung 5
2. Über die Thongesteine, ihre Entstehung und ihr Vorkommen; von Dr. *Alb. Heim* 9
3. Methoden der Untersuchung der Rohmaterialien hydraul. Bindemittel 28
   a. Entnahme der Proben 28
   b. Die chemisch-analytischen Untersuchungen . 29
      α. Bestimmung der Feuchtigkeit 32
      β. „ des Glühverlustes 32
      γ. „ der Kohlensäure 32
      δ. Trennungen durch Salzsäure 41
      ε. Trennung der Kieselsäure von den Basen . . . 42
      ζ. Bestimmung der Schwefelsäure 43
      η. „ der Alkalien 44
      ϑ. „ des Pyrites 44
      ι. „ von Quarzsand und nicht verwitterter Mineralien 45
      κ. Die Schlämmanalyse 46
      λ. Direkte Wasserbestimmung 47
      μ. Trennung der Sesquioxyde von Manganoxydul . 48
      ν. Besimmung von Eisenoxydul neben Eisenoxyd . 48
      ο. Bestimmung des Sulfidschwefels neben Schwefelsäure 49
   c. Von der abschliessend-wertbestimmenden Untersuchung des Rohmaterials 49
4, Zusammenstellung der Resultate der Untersuchung der Rohmaterialien 53

Seite

II. Die hydraulischen Bindemittel 66
1. Einheitliche Klassifikation und Benennung der Bindemittel überhaupt 66
2. Nähere Bezeichnung der hydraul. Bindemittel . . 67
a. Hydraulische Kalke 67
b. Romancemente 68
c. Portlandcemente 68
d. Hydraulische Zuschläge 69
e. Puzzolancemente 69
f. Gemischte Cemente 70
3. Methoden der Untersuchung der hydraul. Bindemittel 71
a. Methoden der Analyse hydraul. Bindemittel . 71
b. Farbe und Struktur 72
c. Nachweis fremder Zuschläge 73
d. Bestimmung der Gewichtsverhältnisse hydraul. Bindemittel 74
e. Prüfung der Längenänderungen der hydraul. Bindemittel 80
f. Methoden der Prüfung d. Volumenbeständigkeit 84
g. Methoden der Prüfung der Abbindeverhältnisse 95
h. Bestimmung der Temperatur-Änderungen . 106
i. Prüfung der Mahlungsfeinheit 107
k. Prüfung der Porosität hydraul. Bindemittel . 108
l, Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit . . 109
m. Prüfung der Abnützbarkeit 111
n. Methoden der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse 113
α. Allgemeines 113
β. Art der Erzeugung u. Behandlung der Probekörper 115
γ. Die maschinellen Hülfsmittel zur Vornahme von Festigkeitsproben 125
o. Methoden und Hülfsmittel zur Prüfung der Frostbeständigkeit hydraul. Bindemittel . . 136

III. Resultate der Untersuchungen der chemisch-physikalischen Eigenschaften der hydraul. Bindemittel
1. Resultate der chemischen Zusammensetzung . . . 139
2. Resultate der Untersuchung der Farbe u. Struktur 154
3. Resultate der Untersuchung der Gewichtsverhältnisse 156

Seite

4. Resultate der Untersuchung der Volumenbeständigkeitsverhältnisse hydraul. Bindemittel 169
   a. Resultate der Volumenbeständigkeitsproben mit hydraul. Kalken 169
   b. Resultate der Volumenbeständigkeitsproben mit Romancementen 183
   c. Resultate der Volumenbeständigkeitsproben mit Schlackencementen 195
   d. Resultate der Volumenbeständigkeitsproben mit Portlandcementen 205
   e. Beiträge zur Kenntnis der Eigenschaften lufttreibender Portlandcemente 231
      α. Allgemeines 231
      β. Lufttreibende Portlandcemente in auswärtigen Laboratorien 232
      γ. Lufttreibende Portlandcemente im eidg. Festigkeitsinstitute 236
      δ. Chemische Zusammensetzung einiger lufttreibender Portlandcemente 242
      ε. Wasseraufnahme hydraul. Bindemittel in der ersten Phase der Versteinerung 244
      ζ. Grenzwerte der Kohlensäure und Wasseraufnahme bei Wasser- und Luftlagerung tadelloser Portlandcemente 246
      ϑ. Änderungen des Kohlensäure- und Wassergehalts lufttreibender Portlandcemente 249
      ι. Einfluss löschfähiger Körper auf die Volumenbeständigkeitsverhältnisse des Portlandcementes 250
      Mischungen von Portlandcementen mit halbgarem Klinkermehl 253
      Mischungen von Portlandcement mit ungarer Cementmasse 264
5. Resultate der Untersuchungen der Abbindeverhältnisse 268
   a. Allgemeines 268
   b. Einfluss der Temperatur auf den Abbindevorgang hydraul. Bindemittel 271
   c. Resultate der Untersuchung des Einflusses der calcinierten Soda, des Kali-Alauns und des Alkohols auf die Erhärtungsvorgänge 292
   d. Resultate der Untersuchung des Einflusses auf die Abbindeverhältnisse der hydraul. Bindemittel bei der Erstarrungs-Temperatur des Wassers 297

Seite

e. Einfluss fremder Zuschläge auf die Abbindeverhältnisse hydraul. Bindemittel bei ca. 15° C. Lufttemperatur, von *E. Ruhoff* 299
f. Resultate der Prüfung der Einläufe aus den Jahren 1886 bis einschliesslich 1893 321
6. Resultate der Untersuchung der Mahlungsfeinheit und der Bindekraft hydraul. Bindemittel 344
a. Resultate der Untersuchung der Importwaaren aus den Jahren 1882 bis 1884 349
b. Resultate der Prüfung der Einläufe aus den Jahren 1886 bis einschliesslich 1893 352
7. Untersuchung der Nacherhärtungsverhältnisse hydraul. Bindemittel 374
Hydraulische Kalke 376
Romancemente 378
Schlackencemente 382
Portlandcemente 385
8. Ausweis der Zugehörigkeit der Versuchsresultate . . . 389
9. Anhang 394

Druckfehler-Verzeichnis.

Seite 140 und 141:

Analyse **20**; statt:	CaO	= 46,59,	zu setzen:	51,59 %
„	Summe	= 93,38	„ „	98,38 „
„	CaO	= 51,77,	„ „	57,32 „
„		1,82 u. 1,31	„ „	2,01 u. 1,52.

Seite 160 und 161 statt: No. 32 zu lesen: **32.**

„ 372 unter No. 296, Druckfestigkeit nach 7 Tagen statt 139,8 zu setzen: **189,8.**

Fig. 1. Wasserlagerung.

Luftlagerung. Fig. 2.

Normaler Portland-Cement.

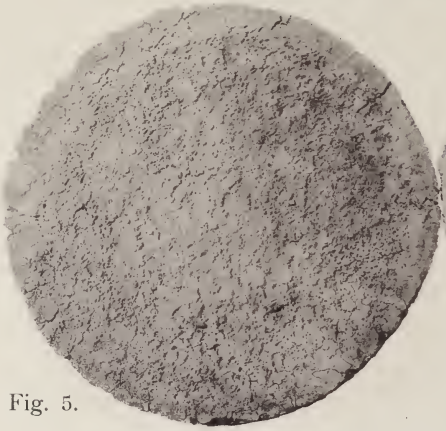


Fig. 5.

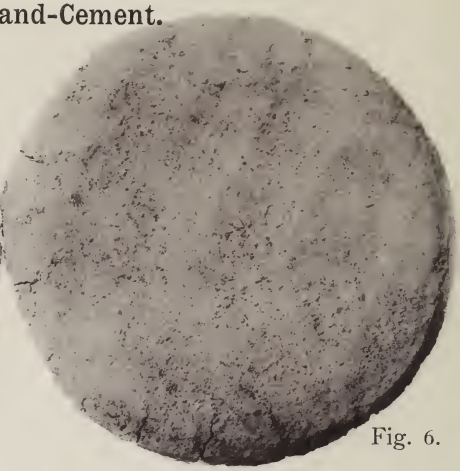


Fig. 6.

Darrprobe. **Zweifelhafte P**

Fig. 9.

Glühprobe. Fig. 10.

Fig. 3.
Wasserlagerung.

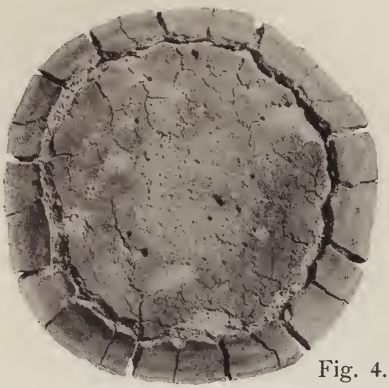


Fig. 4.
Wasserlagerung.

Gyps-Treiber.

Fig. 7.

Fig. 8.

land-Cemente. Kochprobe.

Fig. 11.

Glühprobe.

Fig. 12.

Lichtdruck v. J. Baeckmann, Karlsruhe.

Mit Aetzkalk-Körner durchsetzten

Schlacken-Cement.

Fig. 1.

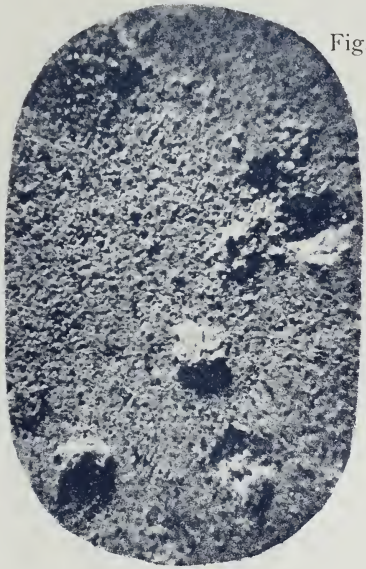
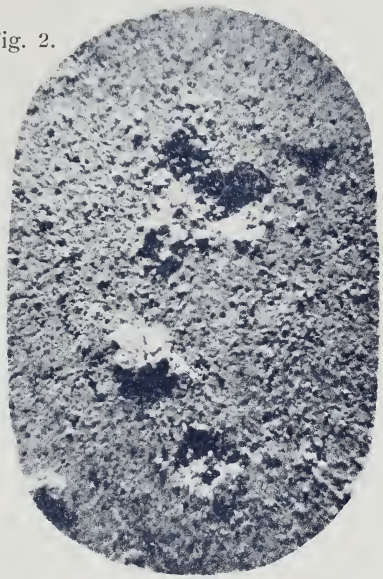


Fig. 2.



Portland-Cement

mit Ausblähungen und Warzenbildungen bedeckt.

tadellos.

Fig. 3.

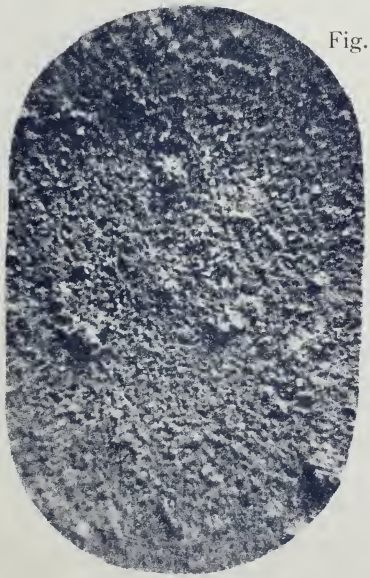


Fig. 4.

(1 : 0)

Fig. 1.

Fig. 2.

(Aus der Prüfungsstation, Stadtbauamt, Wien.)

Natürlicher Portland-Ce

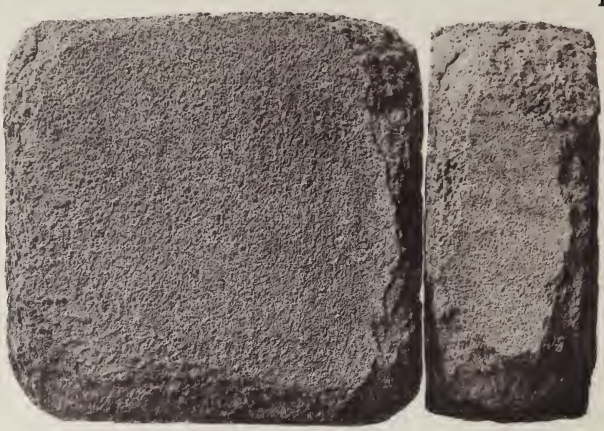


Fig. 5.

Fig. 7b.

Künstlicher Portland-C

Wasserprobe.

Luftprobe.

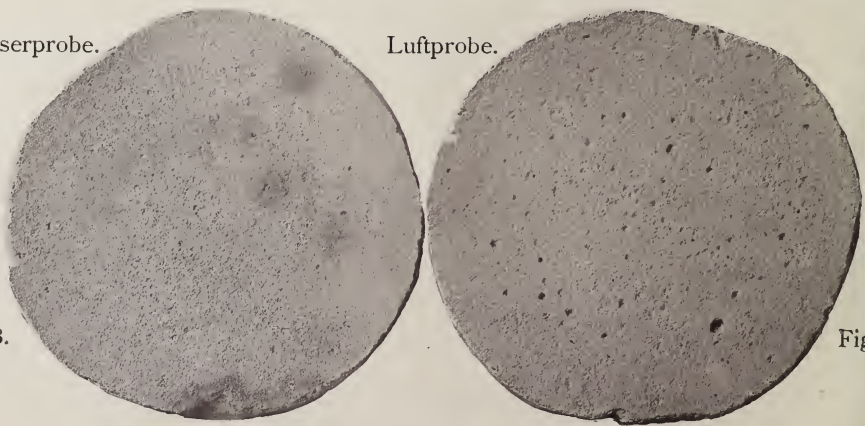


Fig. 8.

Fig

Probe vom Fassrand.

(1 : 3)

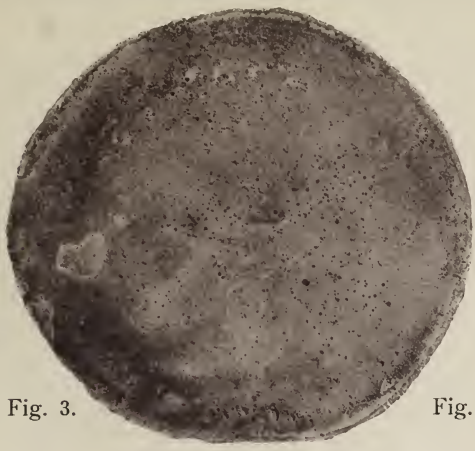


Fig. 3. Wasserprobe.

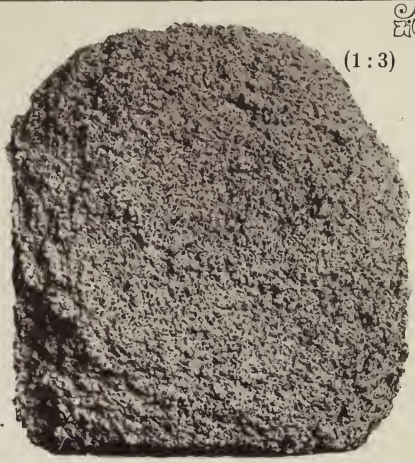


Fig. 4. **Künstl. Portland-Cement (1884).**

ent aus dem Jahre 1883.

Fig. 6. Wasserprobe.

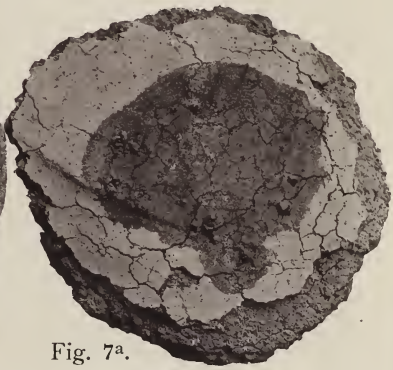


Fig. 7a.

nent vom 14. Dez. 1887.

Wasserprobe.

Luftprobe.

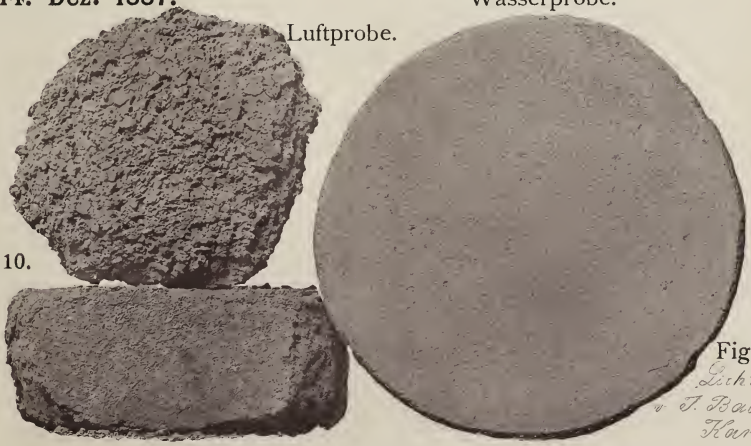


Fig. 10.

Fig. 11.

Probe aus der Fassmitte.

Lichtdruck v. J. Baechmann Karlsruhe

Lufttreibende

Portland-Cemente.

Fig. 1.

Wasserprobe.

Wasserprobe.
Fig. 3.

Luftprobe.

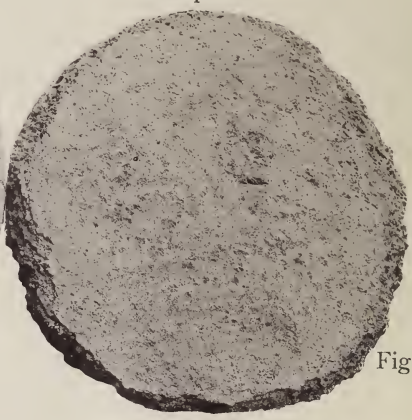


Fig. 4.

Wasserprobe.

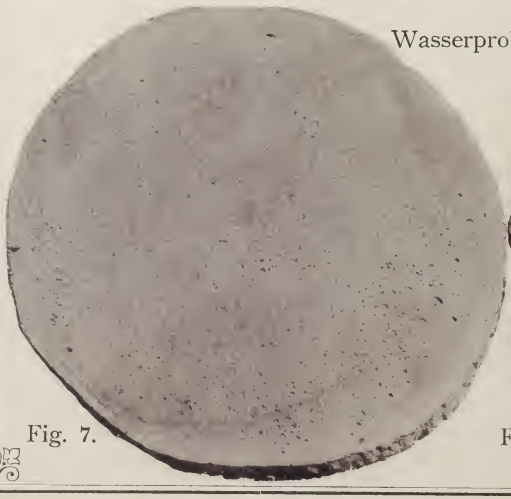


Fig. 7.

Luftprobe.

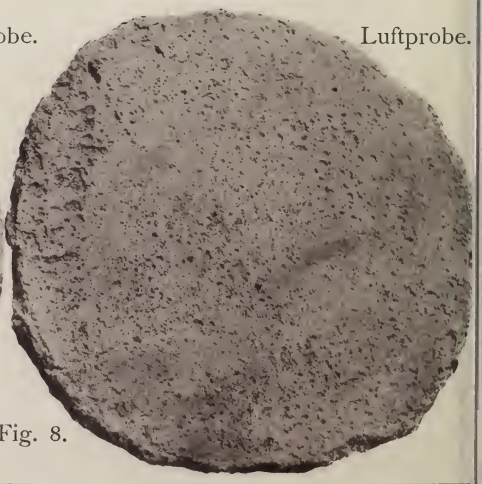


Fig. 8.

Darstellung zusammengehöriger Wasser- und Luft-Kuchenproben.

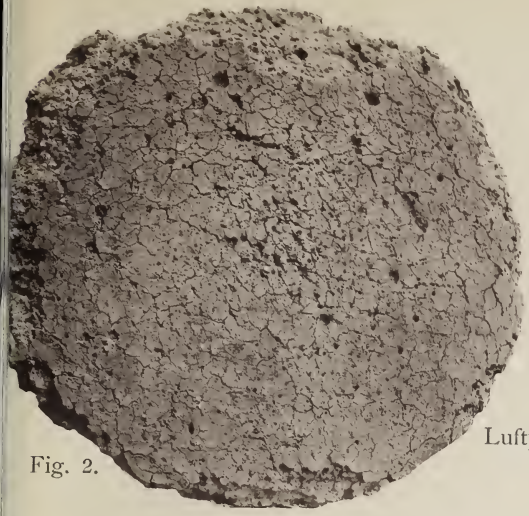


Fig. 2. Luftprobe.

Luftprobe.
Fig. 6.

Wasserprobe.

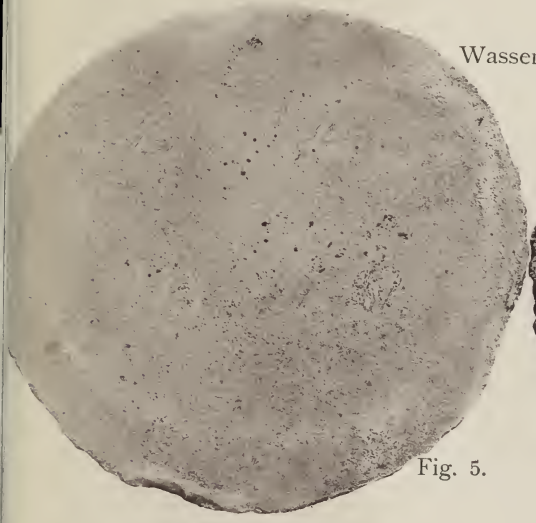
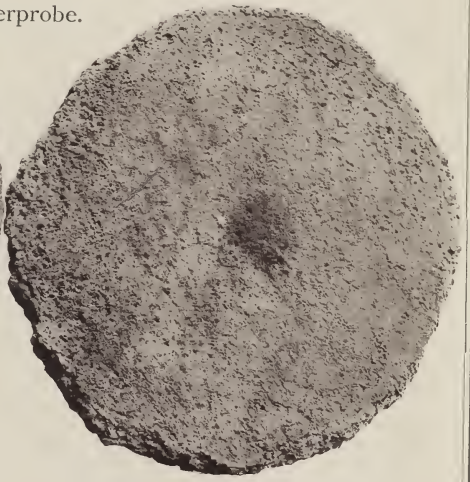


Fig. 5.



Luftprobe.

Wasserprobe.

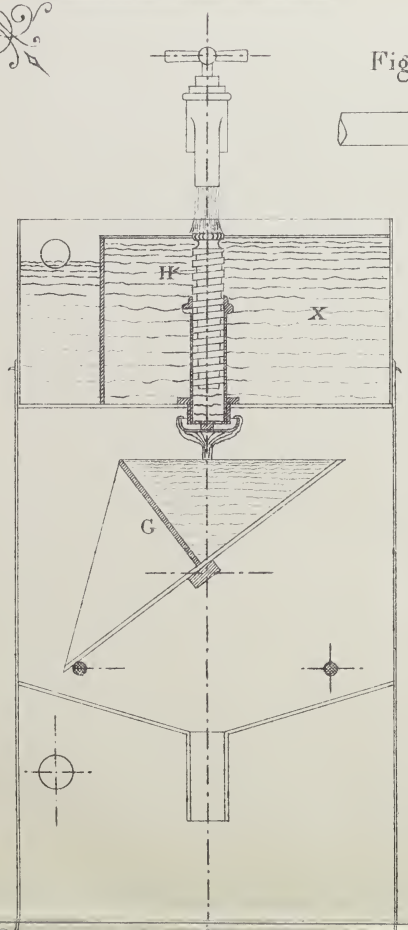
Fig. 9.

Fig. 10.

Lichtdruck v. J. Baerkmann in Hannover

Taf. V.

Fig. 1.



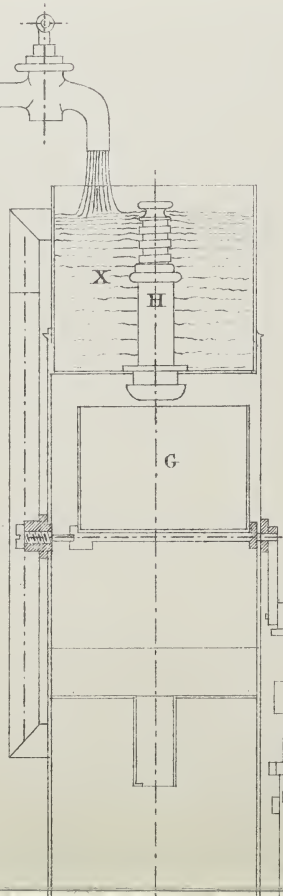
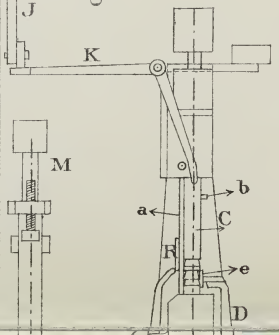


Fig. 2.



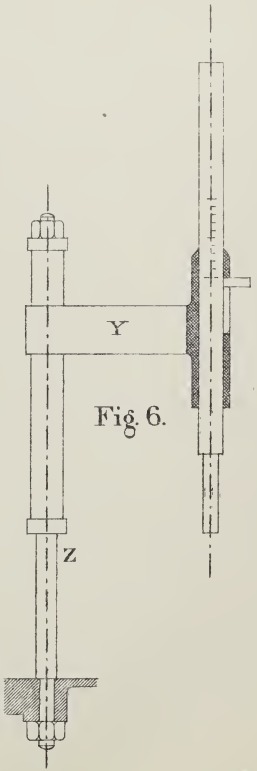


Fig. 6.

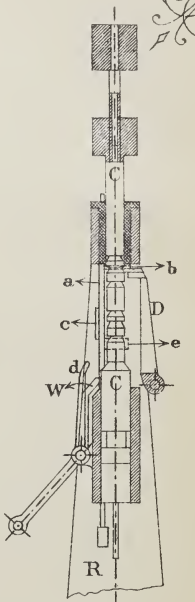


Fig. 5.

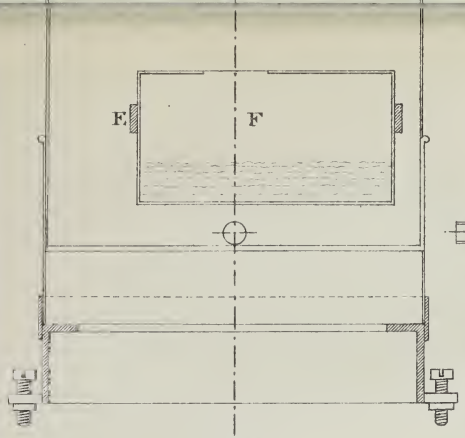


Fig. 4.

Amsler's automatischer ABBINDEAPPARAT

Maasstab 1 : 5.

Taf. V.

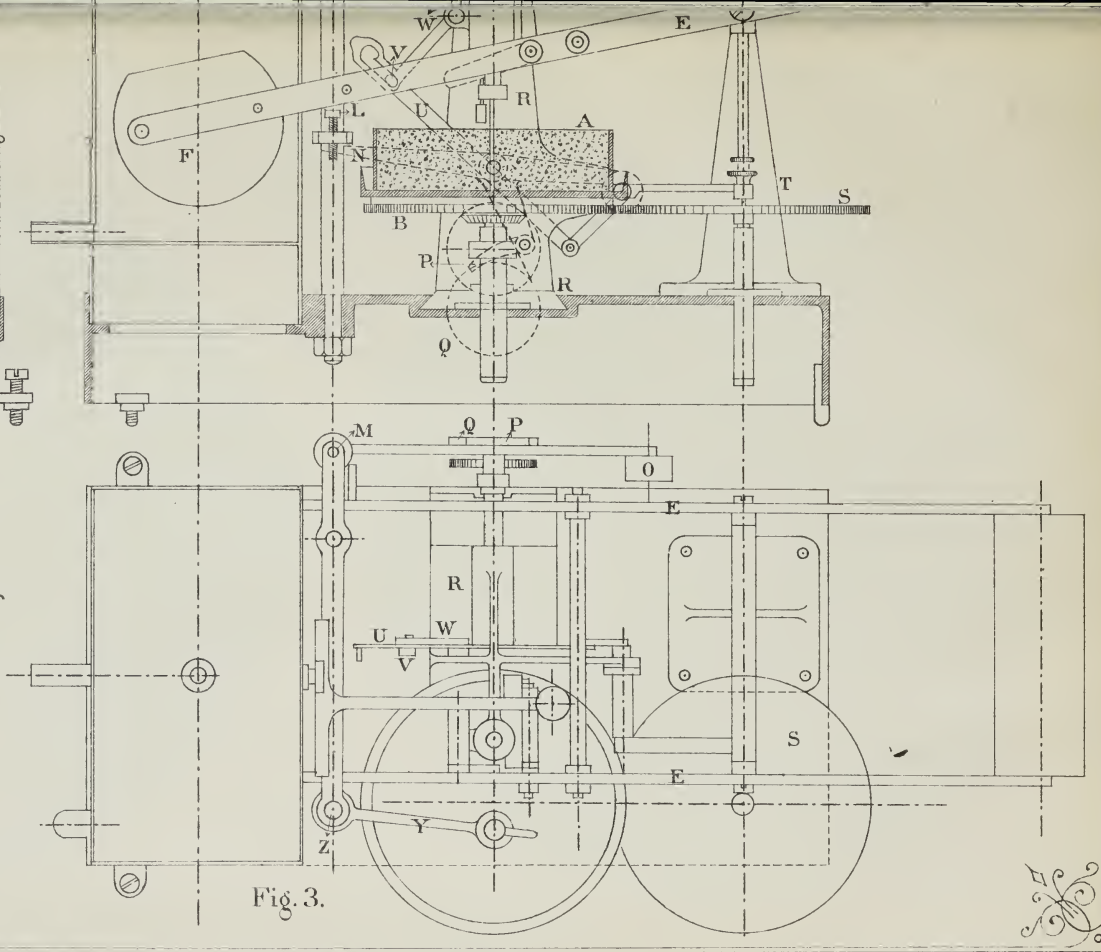


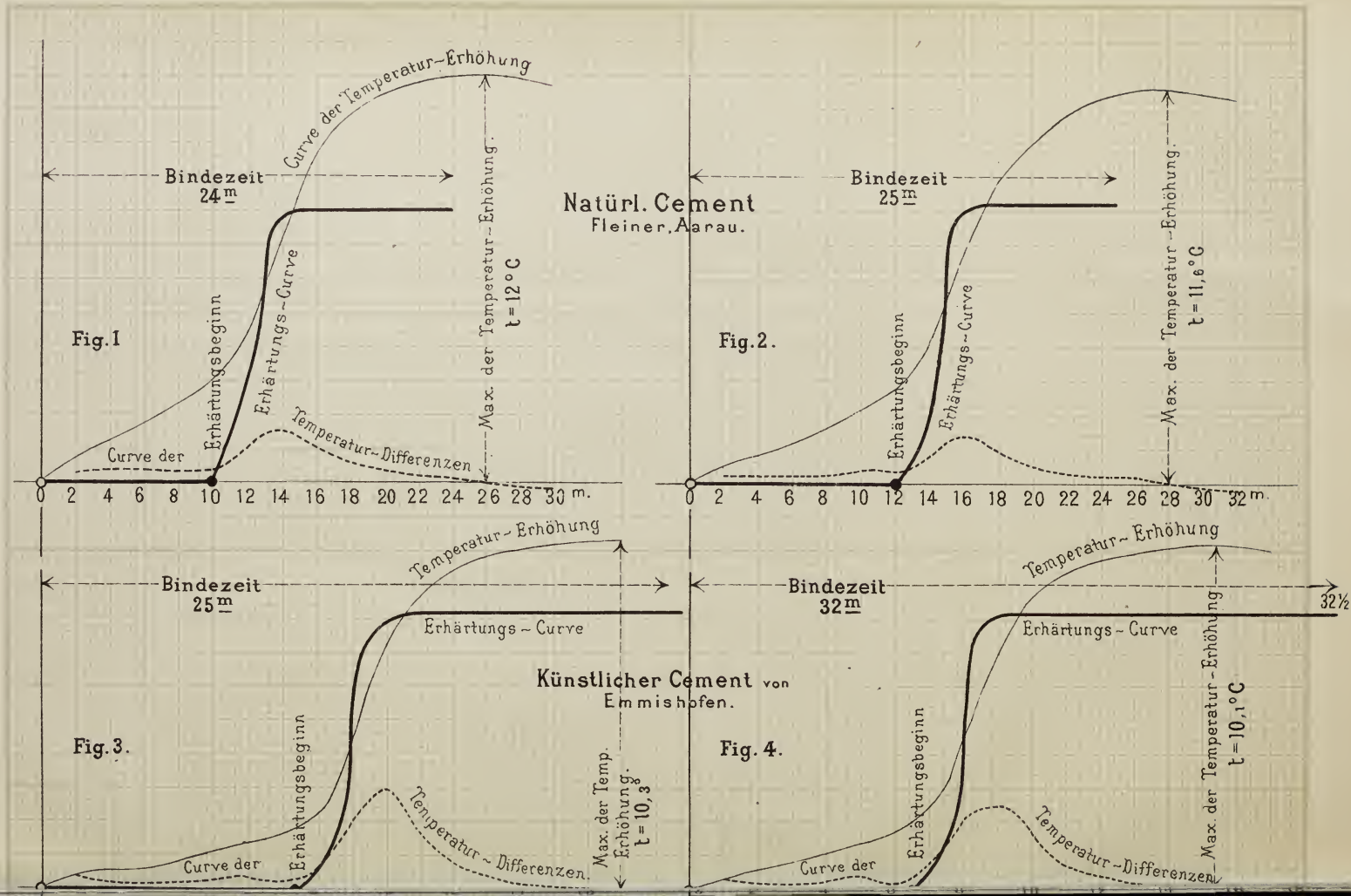
Fig. 3.

Graph. Anst. Hofer & Burger, Zürich

Fig. 1.

Fig. 2.

Vom Erhärtungsprocess hydraulischer Bindemittel



Natürl. Cement
von Leuba Fr. Noiraigne

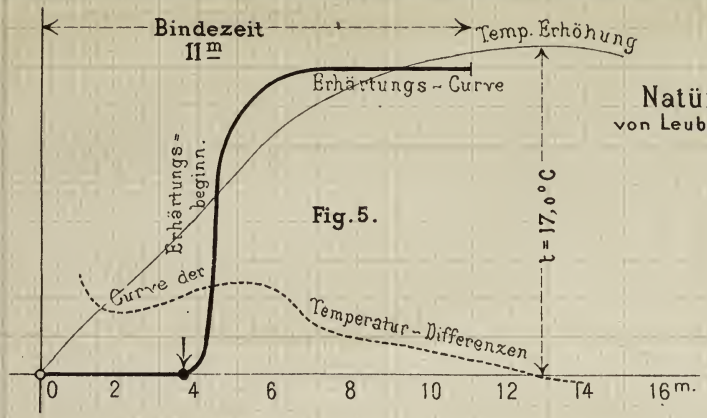


Fig. 5.

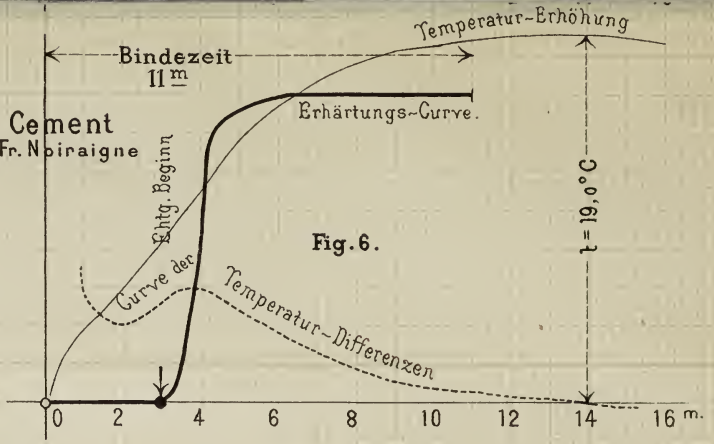


Fig. 6.

Natürl. Cement
von Wallenstadt.

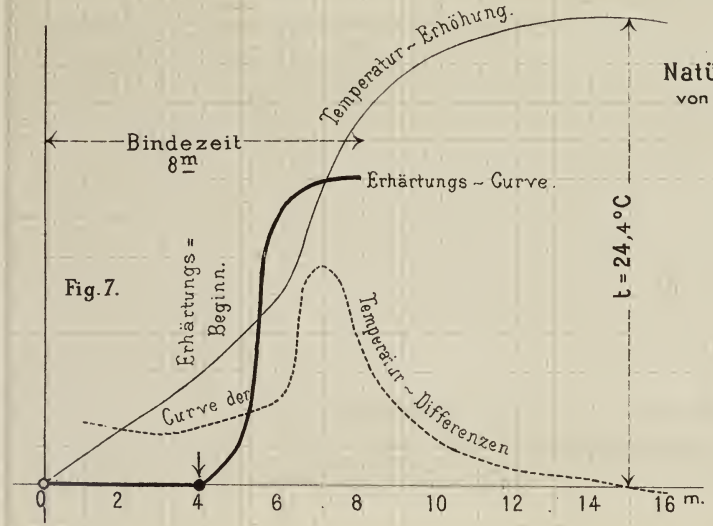


Fig. 7.

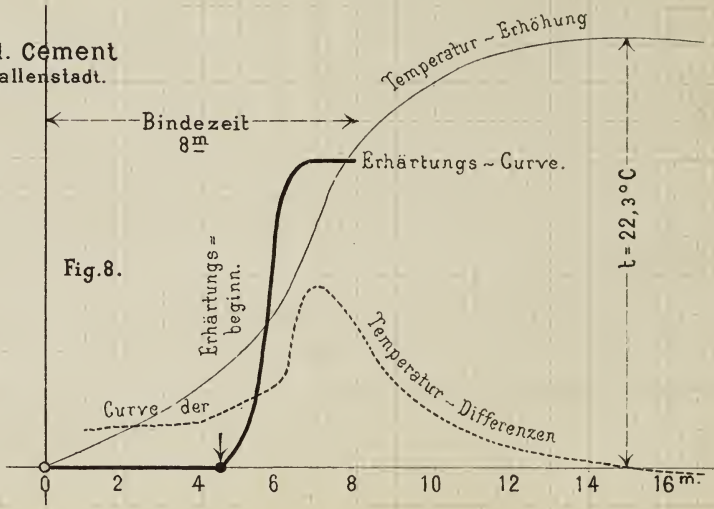
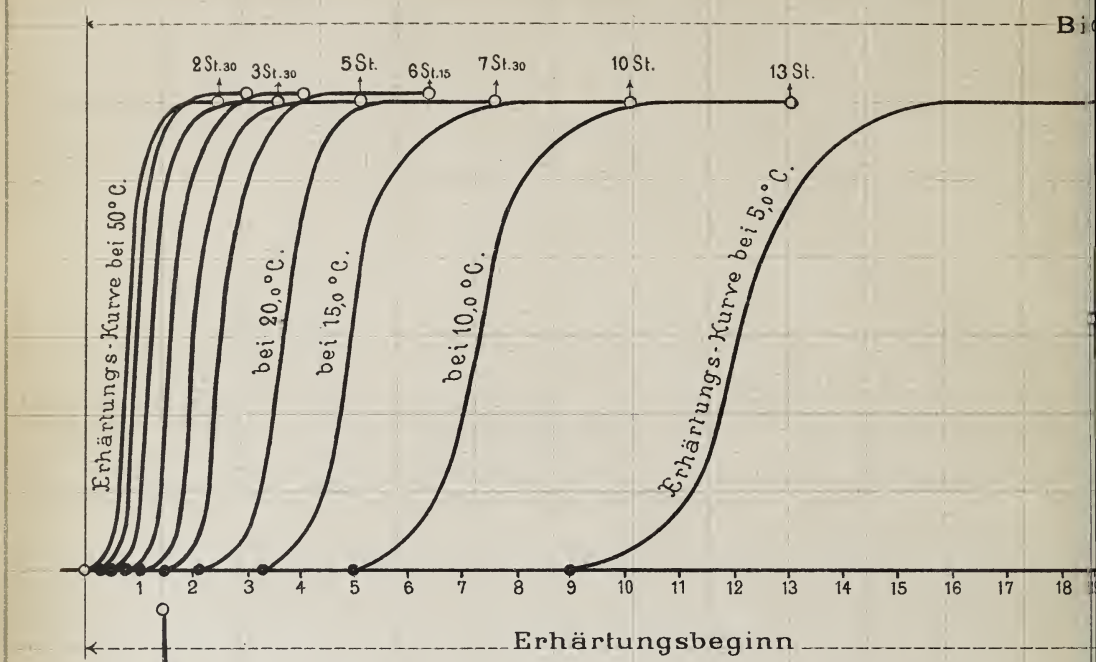


Fig. 8.

Lith. Hofer & Burger, Zürich.

Graphische Darstellung der Abbin

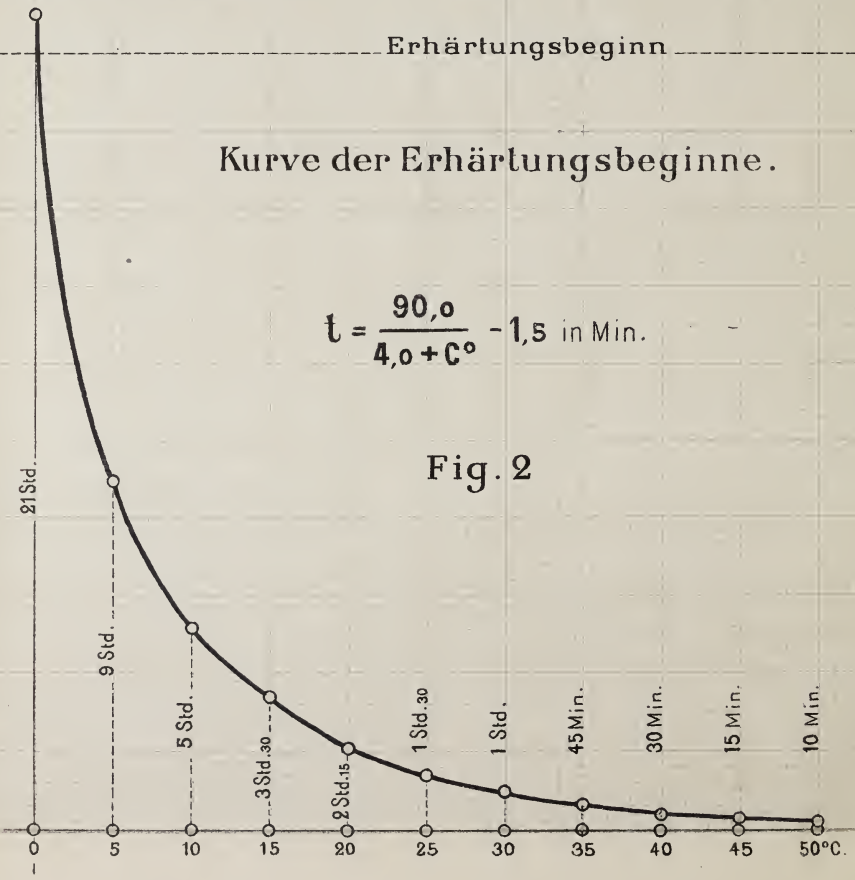
bei verschiede



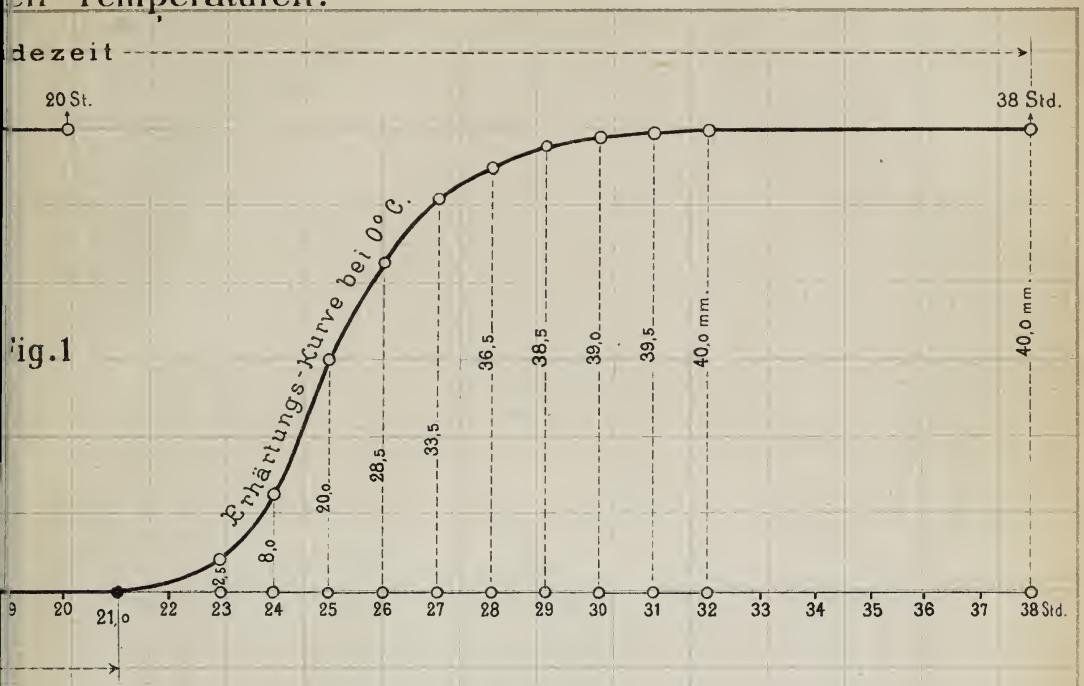
Kurve der Erhärtungsbeginne.

$$t = \frac{90{,}0}{4{,}0 + C^{\circ}} - 1{,}5 \text{ in Min.}$$

Fig. 2



en Temperaturen.



ig. 1

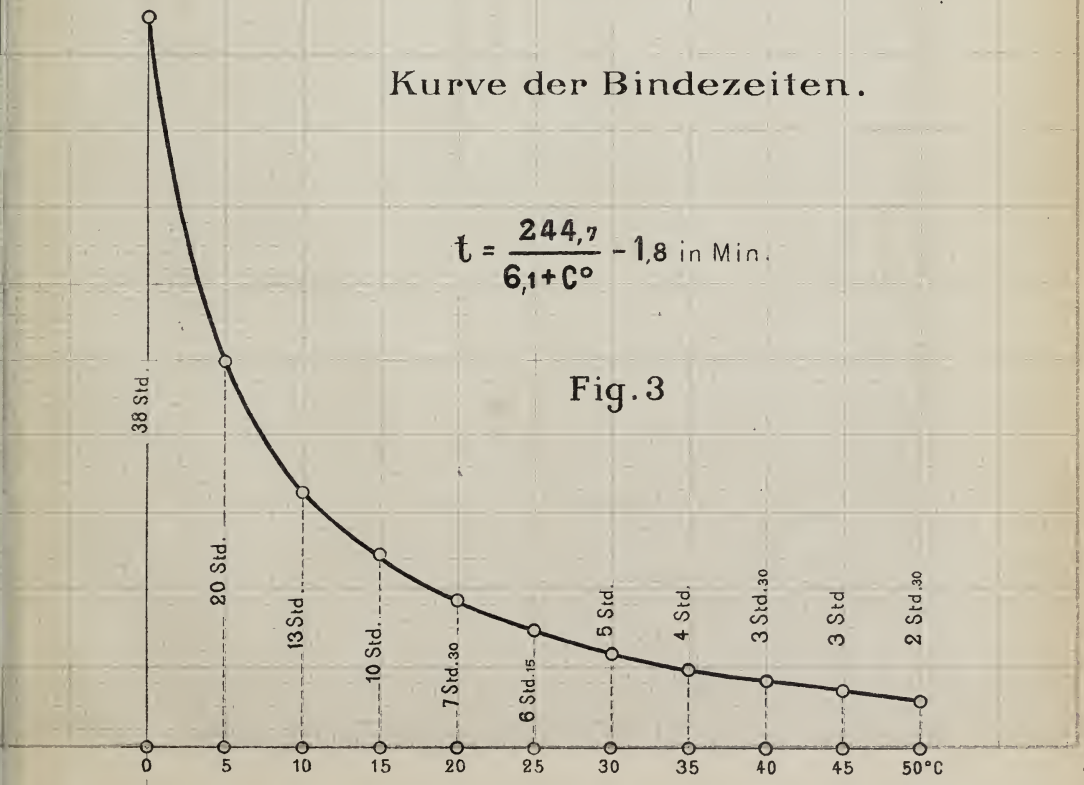


Fig. 3

UEBERSICHTSKARTE
der
Fundorte von Rohmaterialien
für die
Kalk-Cement- und Gyps-Fabrikation
DER
SCHWEIZ
Unter Mitwirkung von
Prof. Dr. A. Jaccard & Prof. Dr. A. Heim
in Locle in Zürich.
Zusammengestellt von der
Eidgenössischen Festigkeitsanstalt
Zürich 1894.
I. Gesteinszonen.
Plastische Thone
Cementmergel
Gyps
Kalkreiche Gesteine und Kalksteinzonen
Thonreiche Gesteine und Thonschieferzonen
Brennmaterialien führende Gesteinszonen
II. Ausbeutungsstellen oder beachtenswerthe Fundstellen.
für plastische Thone
für Cementmergel
für Gyps
für Kohlen (Torf bis Anthracit)
III. Fabriken für
Portland - Cement
Hydraul. Kalk
Romain - Cement
Gyps
Schlacken - Cement
Combinirte Zeichen bedeuten combinirte Fabrikation
Belfort
Porrentruy
Delsberg
Olten
Lenzburg
Wahlshut
Winterthur
Rapperswil
Rüti
Wesen
Buchs
Sargans
Lindau
Rorschach
Bludenz
Lyss
Burgdorf
Thun
Interlacken
Leisingen
Pontarlier
Verdon
Paudes
Sion
Reieg
Domo Dossola
Locarno
Lugano
Como
Chiavenna
Sonsden
Linthal
Goldau
Brugg
Baden
Zürich
Bern
Neuchâtel
Fribourg
Lausanne
Solothurn
Aarau
Schaffhausen
Constanz
Frauenfeld
Appenzell
Eldkirch
Glarus
Altdorf
Luzern
Chur
Bellinzona
Maassstab 1:600 000
Topogr. Anstalt Winterthur I. Schlumpf

33 18935

GETTY CENTER LIBRARY
3 3125 00753 1904